

Budapesti Corvinus Egyetem  
Kertészettudományi Kar  
Rovartani Tanszék

Doktori (PhD) értekezés

**A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* (BARNES))  
rajzásdinamikája, napi aktivitása, előrejelzési módszerek  
fejlesztésének lehetősége**

**Sipos Kitti**

Budapest

2012

## A doktori iskola

megnevezése:	Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Dr. Tóth Magdolna egyetemi tanár, DSc Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcstermő Növények Tanszék
Témavezető:	Dr. Pénzes Béla egyetemi tanár, CSc Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Rovartani Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....  
Dr. Tóth Magdolna  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
Dr. Pénzes Béla  
A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2012. október 2-ai határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi Bíráló Bizottságot jelölte ki:

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke**

**Dr. Papp János DSc**

**Tagjai**

**Dr. Tóth Magdolna DSc**

**Dr. Haltrich Attila CSc**

**Dr. Ripka Géza PhD**

**Dr. Simon Gergely PhD**

**Opponensek**

**Dr. Balázs Klára PhD**

**Dr. Voigt Erzsébet CSc**

**Titkár**

**Dr. Haltrich Attila CSc**

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	5
2. Irodalmi áttekintés.....	8
2.1. A málnavessző-szúnyog ( <i>Resseliella theobaldi</i> (BARNES)).....	8
2.1.2 Elterjedés.....	8
2.2. A málnavessző-szúnyog morfológiai leírása.....	9
2.2.1. Az imágó.....	9
2.2.2. A tojás (pete).....	10
2.2.3. A lárvastádiumok.....	11
2.2.4. A báb.....	13
2.3. A málnavessző-szúnyog életmódja.....	13
2.4. A málnavessző-szúnyog kártétele.....	17
2.5. A málnavessző-szúnyog rajzásdinamikája.....	21
2.6. Előrejelzési módszerek és védekezés.....	23
2.7. Fejlődési idő meghatározása állandó hőmérsékleten.....	28
2.8. Automatizált rovarcsapdák.....	31
3. Anyag és módszer.....	33
3.1. A málnavessző-szúnyog imágók aktivitásvizsgálata.....	33
3.1.1. Nőtények aktivitásvizsgálata.....	33
3.1.2. Hímek aktivitásvizsgálata.....	35
3.2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása.....	38
3.2.1. A málnavessző-szúnyog nevelése állandó hőmérsékleten.....	38
3.2.2. A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása.....	39
3.3. A málnavessző-szúnyog hímek monitorozása szexferomon csapdával.....	39
3.4. Hőmérsékleti adatok mérése szabadföldön.....	40
3.5. Statisztikai módszerek.....	40
4. Eredmények.....	41
4.1. A málnavessző-szúnyog imágók aktivitása.....	41
4.1.1. Nőtények aktivitása.....	41
4.1.2. Hímek aktivitása.....	51
4.2. A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása.....	67
4.2.1. A fejlődési idő állandó hőmérsékleten.....	67
4.2.2. Alsó fejlődési küszöbérték és a fejlődéshez szükséges effektív hőösszeg meghatározása.....	68
4.3. A laboratóriumi eredmények szabadföldi tesztelése.....	72
4.3.1. Málnavessző-szúnyog elleni védekezés optimális idejének meghatározása hőösszeg-számítás alapján.....	72
4.3.2. A kártevő nemzedékszám.....	74
4.4. Új eredmények.....	80
4.5. A témakörben megjelent közlemények.....	81
5. Az eredmények megvitatása.....	83
6. Összefoglalás.....	89
7. Summary.....	92
8. Irodalomjegyzék.....	95
Köszönetnyilvánítás.....	103

## 1. Bevezetés

A málnatermesztés nagy áruértékének köszönhetően (Vétek és Péntes 2008) a hűvösebb éghajlatú területeken világszerte fontos kertészeti kultúra (Graham és munkatársai 2006).

Európában a vadon termő málna a hűvös, csapadékos és enyhén savas talajú hegyvidéki területeken található (Vétek és Péntes 2008). Ennek megfelelően a legtöbb termesztési hely Európán belül az északi (Graham és Jennings 2009) – például Skóciában nagy múltra tekint vissza a bogyósgyümölcsűek termesztése, különösen a málnatermesztése (Schmith 2003) –, valamint a középső részein található országokban koncentrálódik. Ezzel együtt a termesztés iránti érdeklődés növekszik Európa déli országaiban is (pl. Görögország, Olaszország, Portugália és Spanyolország) (Graham és munkatársai 2006). A málna- és szedertermesztés területi megoszlása országonként változó: 2001-es adatok szerint Jugoszláviában 16800 ha, Lengyelországban 8000 ha, Magyarországon 2320 ha, míg Nagy-Britannia és Írország Egyesült Királyságában 2123 ha volt (Gajek és Jörg 2003). Egy 2003-as adat szerint a málna a legnagyobb jelentőségű bogyósgyümölcsűek közé tartozott Szerbiában, 14000 ha-on termesztették (Milenković és Stanisavljević 2003). Észak- és Dél-Amerika országaiban egyaránt elterjedt (Graham és Jennings 2009), de Oroszországban Szibéria területén is megtalálható (Shternshis 2005).

A málna termését egyes országokban a friss piacon értékesítik, máshol, például a közép- és kelet-európai országokban (pl. Szerbiában és Lengyelországban) a termés nagy részét a feldolgozóipar vásárolja fel (Graham és Jennings 2009). Ez utóbbi Magyarországra is jellemző, mivel az erős napsütésnek kitett növények termését csak a feldolgozó iparnak lehet értékesíteni (Dénes 2009).

A bogyósgyümölcsűek termesztésénél is kiemelt jelentőségű a termés növényvédő szer maradék mennyiségének csökkentése, ezzel együtt a növényvédő szerek felhasználásának mérséklése is. Ehhez a rezisztens fajtákra, az agrotechnikai védekezési módok kiterjedt használatára, a biológiai védekezés fejlesztésére, valamint a károsítók előrejelzésére és monitorozására van szükség (Cross és Berrie 2006). A málnatermesztésben nem terjedt el a kártevők és kórokozók monitorozása. 2001-ig nem állt rendelkezésre kidolgozott előrejelzési modell (Gajek és Jörg 2003).

Gordon és munkatársai (1997, 1999) fő kártevőként, vagyis amelyek kártételével számolni kell a védekezés elmaradása esetén, a következőket nevesíti: kis málnabogár (*Byturus tomentosus*), málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) és nagy málna-levéltetű

(*Amphorophora idaei*). E kártevők körét néhány évvel később bővítették a RACER (Reduced Application of Chemicals in European Raspberry Production) projekt eredményeként. Ennek során hat európai ország (Olaszország, Nagy-Britannia, Görögország, Finnország, Svájc és Portugália) együttesen próbálta a málna növényvédelmét rajzásmegfigyelésen és előrejelzésen alapuló módszerekkel fejleszteni. A vizsgálat keretében a kis málnabogár, a közönséges takácsatka (*Tetranychus urticae*), a málnavessző-szúnyog, valamint az *Otiorhynchus* fajokkal foglalkoztak. Eredményeik alapján e kártevőket gazdasági szempont szerint két osztályba sorolták. A széleskörűen elterjedt és legveszélyesebb kártevők osztályába került a kis málnabogár, míg a nagyon jelentős és a legtöbb évben kártételt okozó fajok csoportjába sorolták a többi vizsgált fajt (Gordon és Woodford 2000, Gordon és munkatársai 2002a).

Szerbiában a legjelentősebb málnakártevők a kis málna-levéltetű (*Aphis idaei*), a nagy málna-levéltetű, a szamóca-bimbólikasztó (*Anthonomus rubi*), a málna-levélatka (*Phyllocoptes gracilis*) és a már említett közönséges takácsatka. Ellenük évente 2–4 növényvédő szeres kezelést végeznek (Milenković és Stanisavljević 2003). E fajokon túl egy 2010-ben megjelent közlemény szerint a málnavessző-szúnyogot már országosan elterjedt kártevőként említik, amelynek jelentősége egyre növekszik a termesztésben (Tanasković és Milenković 2010).

Világszerte problémát okoznak a levéltetvek vírusvektor tevékenységük miatt, ezen túl a málnavessző-szúnyog és a málnabogár is jelentős kártevője a málnának (Birch és munkatársai 2004, Graham és Jennings 2009). Oroszországban (Szibéria területén) a málna legveszélyesebb kártevőjének a málnavessző-szúnyogot tartják (Shternshis 2005).

Magyarországon körülbelül 2000 ha-on termesztenek málnát (Szántóné Veszelka és Fajcsi 2003). Sikeres málnatermesztés olyan körzetekben alakult ki, ahol a klimatikus és talajviszonyok a málna igényének leginkább megfelelnek (Vétek és Péntes 2008). A kereskedelmi célú termesztés Nógrád és Heves megyékben koncentrálódik (Szántóné Veszelka és Fajcsi 2003), de termesztenek málnát a Belső-Somogyi tájkörzetben is (Porcsa 1993). Győr és környékén található hagyományos termesztőkörzetben végzett megfigyelések szerint a hazai körülmények között sajnos a fő növényvédelmi gondot az öntözés elmaradása, valamint a helytelen termesztéstechnológia okozza. Ez utóbbi főként abban nyilvánul meg, hogy a szüretet követően az ültetvényben nem végzik el a letermelt vesszők eltávolítását, illetve a sarjontermő fajták esetén a sarjak kivágását. Ezek a munkák általában a következő évre maradnak (Godáné 1992). Vajnai és Mezei (2001) közleményében a málna növényvédelmi technológiában a málnavessző-szúnyog elleni védelem nem szerepel a gyakorlatban elvégzendő feladatok között. Ők a kártevők közül a sodrómolyokra (Tortricidae), málnabogarakra (*Byturus* sp.) és a szamóca-

bimbólikasztóra (*Anthonomus rubi*) hívják fel a figyelmet. Mások hangsúlyozzák a málnavessző-szúnyog jelentőségét (Darvas és munkatársai 2000). Glits és munkatársai (2001) a málna növényvédelmén belül a kártevők közül a málnavessző-szúnyognak kiemelt fontosságot tulajdonítanak, a vesszőkártékók közül a legjelentősebb fajnak tartják. Vétek és Péntes (2004) is, de szerintük a málna-karcsúdíszbogár (*Agrilus aurichalceus*) is meghatározó jelentőségű kártevő nagyüzemi málnaültetvényekben. Egy 1968–2000 közötti hazai felmérés alapján a málna növényvédelmében meghatározó szerepet tölt be a málna-karcsúdíszbogár, a málna-gubacsszúnyog (*Lasioptera rubi*), a málna-sodrómoló (*Notocelia uddmanniana*), a számoça-bimbólikasztó, a kis málnabogár, a málnavessző-szúnyog és a málnamoló (*Lampronia rubiella*) (Szántóné Veszélka és Fajcsi 2003). Vétek és munkatársai (2005, 2006a) felméréseik során megállapították, hogy a hazai málnaültetvények legveszélyesebb kártevője a málnavessző-szúnyog. Egy 2003–2008 közötti berkenyei felmérés szerint a hazai ültetvényekben a málna-karcsúdíszbogár és a málnavessző-szúnyog a két legjelentősebb kártevő (Vétek és Péntes 2008).

A málna integrált védelmének számos nyitott kérdése között a málnavessző-szúnyog elleni védekezés hangsúlyozottan szerepel, amelyben a kártevő elleni időzített védekezés meghatározó jelentőségű. Munkám célja a kártevő előrejelzési módszerének kidolgozása volt, amelyet hőösszeg-számításra kívántam alapozni. Egy kártevő faj előrejelzése abban az esetben lehetséges, ha részletesen ismerjük a faj biológiáját és életmódját, ezért munkám során hangsúlyt fektettem a kártevő életmódjának és fejlődésének pontos megismerésére. Az elmúlt közel 50 évben számos megfigyelést végeztek a fajjal kapcsolatban, azonban úgy vélem, hogy a faj szexferomonjának azonosítása (Cross és Hall 2005, Hall és munkatársai 2009), valamint a szexferomon csapda kereskedelmi forgalomba hozatala új távlatokat nyitott a faj kutatásának. A szexferomon lehetőséget ad a faj hímjeinek monitorozására (Cross és Hall 2005). E csapdát Magyarországon a Rovartani Tanszék munkatársai tesztelték (Vétek 2008, Cross és munkatársai 2008) és alkalmasnak találták a faj hím imágóinak megfigyelésére.

### **Munkám célja:**

- A málnavessző-szúnyog imágók napi aktivitásának leírása.
- A meteorológiai állomással kombinált automatizált rovarcsapda tesztelése és fejlesztése.
- A málnavessző-szúnyog biológiai nullpontjának és fejlődési idejének meghatározása.
- A málnavessző-szúnyog első nemzedékének előrejelzése hőösszeg-számítás alapján.
- Az éves rajzásdinamika alakulásának megismerése a hőmérséklet függvényében.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* (BARNES))

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* (BARNES)) syn. *Thomasiniana theobaldi* (BARNES)) a Gubacsszúnyogok családjába (Cecidomyiidae), a Kétszárnyúak rendjébe (Diptera) tartozik. Ambrus (1994) magyar társnévként említi a málnavessző-gubacslégy, valamint a málnavessző-gubacsszúnyog neveket, melyekre más irodalmakban utalást nem találtam.

#### 2.1.2 Elterjedés

Woodford és Gordon (1978a) által közölt adatok szerint Theobald 1920-ban találta meg a málnavessző-szúnyogot Kentben. A faj részletes leírása Barnes nevéhez fűződik, aki *Thomasiniana theobaldi* tudományos elnevezéssel illette. A faj nagymértékű morfológiai hasonlóságot mutatott a szemzésrontó gubacsszúnyoggal (*Thomasiniana oculiperda*, mai hivatalos nevén *Resseliella oculiperda* (Rubsamen)), ezért felmerült a két faj különállóságának problémája. Az eltérés közöttük mindössze a tápnövényben mutatkozik. *T. theobaldi* lárvák *Rubus* nemzetség fajain (málna, szeder) képesek táplálkozni és kifejlődni, míg a *T. oculiperda* lárvák rózsán és néhány gyümölcsfán (pl. alma). A ma is használatos, *Resseliella* nemzetség nevet 1973-ban Gagné vezette be.

Anglián kívüli területekről elsőként Lengyelországból (1931) számoltak be megjelenéséről. Ezt követően az 1950-es évek elején számos országból jelentették előfordulását: Németországból (1952), Svédországból (1952) és Dániából (1952). Hollandia egyes részein 1954-re már általánosan elterjedt volt, annak ellenére, hogy két évvel korábban a faj jelenlétét még nem tudták kimutatni (Woodford és Gordon 1978a). Ehhez hasonlóan Németországban is gyorsan terjedt, egy 1954–1956. közötti felmérés során már országos elterjedtséget mutatott (Fritzsche 1958). Az évtized folyamán Jugoszláviában (1956), Norvégiában (1959), valamint Rigában is megtalálták (Woodford és Gordon 1978a). Stoyanov (1963) 1956–1960. között végzett felmérése során Bulgáriában már országosan elterjedt kártevő volt. Az 1960-as években a faj eljutott a mai Oroszország és Ukrajna területére (Kijev – 1963, Moszkva – 1968), valamint Kanada (1964) és az Amerikai Egyesült Államok (1966) málnatermesztő régióiban is megjelent (Woodford és Gordon 1978a). Az európai terjedése az 1970-es években folytatódott: Skóciában



(1972) (Gordon és Hargreaves 1973) és Franciaországban (1976) (Woodford és Gordon 1978a) mutatták ki jelenlétét. A málnavessző-szúnyog ma már egész Európában általánosan elterjedt kártevő (Darvas és munkatársai 2000), amely a 20. század alatt jelentős gazdasági károkat okozó fajjá vált (Tanasković és Milenković 2010). Meglepő módon, Szlovákiában csak 2005-ben azonosították, ezt megelőzően az ottani előfordulására nem volt adat (Tóth és munkatársai 2006).

Magyarországon (Fertőd) 1958-ban figyelték meg kártételét, majd 1962-ben és 1963-ban Szigetcsépen, Nagyrédén és a Győr környéki termőtájon is megtalálták (Hódosy és munkatársai 1964). Egy 1965 nyarán végzett felmérés szerint Pest és Nógrád megye málnaültetvényeiben kártétele általános volt (Balázs 1971). Az 1970-es évek elején a kártétele fokozódott, egyre jelentősebb kártevőként tartották számon, majd később a legveszélyesebb málnakártevők közé sorolták. Jelenleg egyes vélemények szerint alacsony populáció található az ültetvényekben, amely a szárazságnak, valamint az ellenálló fajták (pl. *Fertődi zamatos*) telepítésének és termesztésének köszönhető (Szántóné Veszélka és Fajcsi 2003). Ennek ellentmondó eredmények születtek egy több európai országot átfogó, szexferomon csapdával végzett rajzásmegfigyelés során. A vizsgálatban résztvevő országok közül Magyarországon csapdázták a legnagyobb számban a málnavessző-szúnyog hímeket (Cross és munkatársai 2008).

A kutatók megfigyelései szerint a faj aktív terjedése nem lehetséges, mivel az imágók gyenge repülők, csak kis távolságokat képesek megtenni. Az új ültetvényekbe való betelepülés valószínűleg a talajban található kokonokkal történhet, vagyis a szaporítóanyag gyökerei között a talajszemcsékkel együtt megbújó, kokonban lévő lárvákkal terjedhetett és terjedhet (Gordon és Williamson 1991).

## 2.2. A málnavessző-szúnyog morfológiai leírása

### 2.2.1. Az imágó

Az imágók törékeny testalkatukkal, sötétvöröses színezetükkel megjelenésükben a Gubacsszúnyogok családjára jellemző bélyegekkel rendelkeznek (Pitcher 1952).

Termetük igen apró. Gordon és Williamson (1991) szerint 1,4–2,1 mm, míg Ambrus (1994) szerint 1,7–2,5 mm testhossz jellemző rájuk. A hímek (1. ábra) a kisebb méretűek (Barnes 1948, Pitcher 1952, Nijveldt 1963, Stoyanov 1963): Barnes (1948) 2 mm, Pitcher (1952) 1,42 mm (1,25–1,79 mm), míg Nijveldt (1963) és Stoyanov (1963) 1–1,5 mm testhosszúsággal

jellemezte a hímeket. A természetesebb nőtények mérete Pitcher (1952) szerint átlagosan 1,78 mm (1,38–2,16 mm), míg Nijveldt (1963) és Stoyanov (1963) leírásában 1,5–2,5 mm szerepel.



1. ábra. Málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágó (Fotó: Dr. Pénzes Béla)

A két nem nemcsak méretében tér el egymástól, hanem a csáp hosszában és felépítésében is. Mindkét ivarnál két hosszú, sötétbarna színű csáp található (Nijveldt 1963, Stoyanov 1963). A nőtényeknél rövidebb és egyenes, a hímeknél hosszabb és ívesen hajlott (Stoyanov 1963). A csáp 2+12 ízre tagolódik, vagyis két alapi és 12 ostorízzre, amelyekből a két első ostoríz összenőtt (Barnes 1948, Nijveldt 1963). Az ostorízek alakjában eltérés mutatkozik (Ambrus 1994). A hímek ostorízeinek két „bütyke” van, amelyek hosszú nyakúak (Ambrus 1994), vagyis egy vékony nyélen keresztül (Nijveldt 1963) kapcsolódnak egymáshoz. A nőtények ostorízei henger alakúak és rövid nyakban végződnek (Nijveldt 1963, Ambrus 1994). A tapogatók mindig négytagúak (Nijveldt 1963).

A tor sötétbarna (Nijveldt 1963). A szárnyak áttetszőek, a szürke lábak hosszúak (Nijveldt 1963, Stoyanov 1963), és szőrözöttek (Stoyanov 1963).

A karcsú potroh barnászörös színű (Stoyanov 1963, Nijveldt 1963), és a hímeknél fogószerű kopulációs szervben végződik. A nőtényeknél a potroh vastagabb és tojócső található a végén (Nijveldt 1963), amely Ambrus (1994) szerint áltojócső. A potroh is szőrözött (Stoyanov 1963).

### 2.2.2. A tojás (pete)

Az üvegszerűen átlátszó, szelvényezetlen, ellipszis alakú, két végén kihegyesedő tojás mérete 0,3 mm x 0,1 mm nagyságra tehető, bár ez szerzőként változik (Pitcher 1952, Stoyanov 1963, Ambrus 1994).

Stoyanov (1963) szerint átlagos mérete 0,341 mm x 0,091 mm. A hosszúság 0,261–0,391 mm, míg a szélesség 0,062–0,1248 mm közötti mérettartományban változhat. Nijveldt (1963) is hasonló méretűnek írta le a tojásokat (0,3 x 0,1 mm). Fritzsche (1958) 0,326 mm x 0,094 mm adatokkal jellemezte. Pitcher (1952) 0,328 x 0,094 mm (max. 0,365 x 0,097 mm; min. 0,311 x 0,090 mm) méretet jelölt meg 25 tojás alapján. Ambrus (1994) leírása szerint a tojás ennél hosszabb, 0,32–0,94 mm között változhat.

### 2.2.3. A lárvastádiumok

A fajra lábatlan (apod) lárva (Pitcher 1955) jellemző, amely nyú típusú (Nijveldt 1963). A lárva teste mindkét végén elkeskenyedik. Elülső testvég kicsi, prognát állású fejtokban végződik, melynek csúcsi részén kis méretű szájníylás, valamint a dorzális felszínén egy pár antenna található. A test 13 szelvényből épül fel: a három torakális és a kilenc abdominális szelvényen túl jellemző egy 13. szelvény, egy szám feletti szelvény, amelyen nincsenek serték. A torakális és az első hét abdominális szelvényen hat dorzális serte és egy-egy laterális sertepár van mindkét oldalon. A nyolcadik abdominális szelvényen a laterális serték még megvannak, azonban mindössze két vastagabb dorzális serte található rajta. A kilencedik szelvény hátulsó részén egy mély bevágás fut, így két kihegyesedő „csúciban” végződik. Mindkét „csúcson” egy-egy kemény, felfelé hajló kidudorodás látható. A nyolcadik és kilencedik abdominális szelvények csak három sertét viselnek, egy dorzális, egy laterális és egy belső oldalon lévő sertét. Ez utóbbi a legkisebb.

A legtöbb szelvényen foltok vannak, melyeken nagyon kicsi visszafelé hajló tüskék találhatóak. Ezek a tüskék feltehetően a mozgást segítik, mert nagyrészüket a hasi oldalon található (Pitcher 1955).

Három lárvastádium jellemző (Pitcher 1952, Fritzsche 1958, Stoyanov 1963). Az egyes lárvastádiumok a fejtok mérete, a „mellcsont” megléte és a légzőrendszer alapján különíthetők el. A testméret alapján nem lehet egyértelműen csoportosítani az egyes lárvastádiumokat (Pitcher 1955).

Az **L<sub>1</sub> lárvastádium**nak egyszerű (Mihályi 1972), úgynevezett metapneusztikus légzőrendszere van, vagyis csak az utolsó abdominális szelvényen van légcsere nyílás (mindkét oldalán egy-egy). Az epidermisz sima, gyengén tüskézett. A számfeletti szelvényen egy vastag, laterális tüske van (Pitcher 1955). A lárva kelésekor féhéren áttetsző (Pitcher 1952, Pitcher 1955, Labruyère és Nijveldt 1959), vagy üvegtiszta színnel jellemezhető (Fritzsche 1958, Nijveldt 1963, Stoyanov 1963). Néhány napot követően sárgásra (Fritzsche 1958), vagy borostyánfehér

színűre színeződik (Stoyanov 1963). Mérete alig haladja meg a tojás méretét. Pitcher (1952, 1955) szerint az újonnan kikelt lárva szabad szemmel alig látható, átlagosan 0,4 x 0,095 mm nagyságú. A kelést követő második napon az átlagos hosszúsága 0,452 mm (0,317–0,556 mm), míg az átlagos szélessége 0,094 mm (0,068–0,1135 mm).

Az **L<sub>2</sub> lárvastádiumra** peripneusztikus légzőrendszer jellemző, vagyis kilenc légcserenyílása van a test mindkét oldalán – egy a mezotorakális és nyolc az abdominális szelvényen. Az epidermisz sima, mérsékelten tüskézett. A szám feletti, vagyis a 13. szelvényen 4 és 9 közötti számú, kicsi laterális tüske jellemző (Pitcher 1955). A lárva színében eltérés van a leírásokban. Szerepel a narancssárga vagy piros Fritzsche (1958) leírásában, míg Pitcher (1955) szerint fehér színű. Fritzsche (1958) felmérésekor a két színváltozat előfordulásának aránya 1000 megvizsgált lárva esetén 95,5 % piros, míg 4,5 % narancssárga színű volt Németországban.

Az **L<sub>3</sub> lárvastádiumnak** is peripneusztikus trachearendszere van (Pitcher 1955). Ezen túl a teljesen kifejlett lárvánál kialakul egy speciális képlet, az úgynevezett T alakú kitines lemez, másnéven „mellcsont” (spatula sternalis), amely az elcsőkevényesedett szájszerv helyettesítésére szolgál (Pitcher 1952, Pitcher 1955, Mihályi 1972). Az epidermisz szemölcsös, erősen tüskézett, valamint felszínén ventrális állabak figyelhetők meg. A számfeletti szelvényen már nincs laterális tüske (Pitcher 1955). A lárva színe a környezettől függően lehet narancssárga (2. ábra), vagy rózsaszín (Pitcher 1952, 1955), de jellemezték húsvörös színnel is (Stoyanov 1963). Nijveldt (1963) és B. Balázs (1966) szerint narancssárga vagy citromsárga színezetűek. Ambrus (1994) a fiatal lárva világossárgának, kifejletten rózsaszínűnek írta le. A mérete is megosztó a szerzők között. Pitcher (1952) szerint 3,5 x 1,0 mm méretet is elérheti, de később írt 3,4 x 0,9 mm nagyságról is (Pitcher 1955). Fritzsche (1958) szerint 3,3 mm x 0,9 mm nagyságú. Stoyanov (1963) sokkal rövidebbnek találta őket, 2,2 mm (1,5–3 mm) hosszúságúnak és 0,8 mm (0,5–1 mm) szélességűnek. Nijveldt (1963) szerint 3,5 mm hosszú, és 1 mm széles. Ambrus (1994) 3–4 mm mérettel jellemezte.



2. ábra. Málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) kifejlett lárva (Fotó: Hári Katalin)

#### 2.2.4. A báb

A báb szabad báb (Nijveldt 1963) (3. ábra). A bábozódás a talajban megy végbe, 1–5 cm mélyen (Hódosy és munkatársai 1964, Hódosy 1965), esetenként a lárva által készített (Pitcher 1952) fehér kokonon belül (Fritzsche 1958, Stoyanov 1963). A kokon 2,13 x 1,14 mm nagyságú (Pitcher 1952).

Pitcher (1952) 30 báb alapján 1,56 x 0,58 mm (max. 1,99 x 0,79 mm; min. 1,24 x 0,46 mm) átlagos méretet írt le. Hasonló méretűnek (1,6 mm x 0,6 mm) találta Fritzsche (1958) is. Stoyanov (1963) szerint a kifejlett lárva mérete egyenlő a báb méretével. Színe mindig a kifejlett lárva színével egyező (Pitcher 1952, Fritzsche 1958, Stoyanov, 1963, Nijveldt 1963), azonban röviddel az imágó kirajzása előtt sötétebb színű lesz (Pitcher 1952, Nijveldt 1963).



3. ábra. Málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) báb (Fotó: Hári Katalin)

#### 2.3. A málnavessző-szúnyog életmódja

A nemzetközi irodalmak szerint a málnavessző-szúnyog lárva alakban telel (Pitcher 1952, Labruyère és Nijveldt 1959, Gordon és Williamson 1991, Jennings és munkatársai 2003). A magyar szakirodalomban Hódosy és munkatársai (1964) először kizárólag bábként való áttelelést közölt, majd egy évvel későbbi közleményében már a lárva áttelelését írta le (Hódosy 1965). Feltehetően ez a magyarázata annak, hogy egészen napjainkig keveredik az áttelelési alak a magyar szakirodalomban, hol lárvaként (Ambrus 1972), hol bábként (Glits és munkatársai 2001) való áttelelést írnak le a szerzők.

A telelő nemzedék lárvái a telet kvieszcencia állapotában töltik a talajban. Átlagosan a lárvák fele elpusztul a telelés során (Pitcher 1952). Az áttelelést követően a lárvák talajban bábozódnak. A tavasszal megjelenő nőtények a megtermékenyítést követően rövid időn belül

lerakják tojásaikat a fiatal sarjak (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963) alsó 50 cm-es részén található sebzéseibe, sérüléseibe (Gordon és Williamson 1991). Azonban Woodford és Gordon (1978a) a sarjak alsó 20 cm-én található sebzésekben talált gyakrabban tojást. E feletti zónában (20–40 cm) is raktak a nőstények petét vizsgálatuk során, azonban elenyésző százalékban.

Stoyanov (1963) szerint a nőstények megtermékenyítés nélkül is rakhatnak tojást.

Már a kezdeti megfigyelések során megállapították, hogy a tojásrakás csak sérült növényekre lehetséges (Barnes 1948, Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963), mivel a tojócső felépítése miatt a nőstények nem tudják átszűrni a bőrszövetet (Labruière és Nijveldt 1959). Későbbiekben ezt kiegészítették, miszerint nemcsak a sérülés megléte döntő fontosságú, hanem annak nedvessége is, mert a beszáradt sebekbe a nőstény már nem rakja le tojásait (Labruière és Nijveldt 1959, Stoyanov 1963). Ezek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az illatanyagoknak, amely a sebből árad szerepe lehet a tojásrakási hely megtalálásában (Labruière és Nijveldt 1959). Nijveldt (1963) vizsgálta a málnavessző, illetve sarj sérüléseiből felszabaduló illatanyagok szerepét málnával és fűzfával végzett kísérleteiben. Megállapította, hogy a megtermékenyített nőstények nem raknak tojást sem sebzett, sem ép fűzfaágakra. Azonban, amikor a fűzfaágak sebzését málnasarjak kipréselt nedvével beöntözte nemcsak a tojásokat, hanem a lárvák kikelését is megfigyelte rajtuk. Bár ezek a lárvák hamarosan elpusztultak. Megfigyelte szabadföldön, hogy a megkapart kérgű málnára rövid időn belül megérkeznek a nőstények, majd a seb megtalálásához csápjaikkal átvizsgálják azt. Vétek (2008) a málnasarj és a birshajtás aromaszpektrumát mérte. Laboratóriumi vizsgálatok során a málnavessző-szúnyog szignifikánsan több tojást rakott a málna sebzéseibe, mint a birs és a fűz mesterséges kéregrepedéseibe. Azonban a birshajtások sebzéseibe rakott tojások száma több volt, mint a fűzre rakott tojásoké.

A sarjak sérülései kialakulhatnak belső tényezők – bőrszövet másodlagos vastagodása (Labruière és Nijveldt 1959) – és külső tényezők miatt is.

A növény növekedése során létrejövő sérülések, felrepedések Stoyanov (1963) szerint három típusba sorolhatóak:

- Az első típusba tartozó sarjak felrepedése április végén kezdődik, május kezdetén tetőzik, majd júniusra megszűnik. Ez a legfelszínesebb repedés az év folyamán, mindössze két-három sejtréteg mélységű. Bár ez a repedés a sekélyisége miatt gyorsan záródik és beszárad, azonban nedvessége miatt kialakulását követően tojásrakásra nagyon alkalmas. Hosszúsága a 6 cm-t elérheti. Gyakran a nóduszoknál jelenik meg, de a nóduszok közötti szakaszokon is előfordulhat.

- A második típus az előzőnél ritkábban jelentkezik, de egész évben megfigyelhető. Ez a szár sugár irányú felrepedése. Ez már egy mélyebb szöveti réteget átfogó repedés, azonban a lárvák fejlődésére nem alkalmas, mert a kortikális réteg nem válik fel.
- A harmadik típusú repedés a növekedés kezdeti és késői szakaszában alakul ki. Június közepén, a sarjak tövéénél jelenik meg a repedés, majd a következő két hónapban gyorsan terjed a mérete. Szeptemberben már leáll a folyamat. Morfológiailag a repedés kialakulásakor nagyon hasonlít az elsőként említett típushoz. Tojásrakásra ez is alkalmas.

Ambrus (1972) kétféle hasadási mechanizmust ismertetett. Az első típusú hasadás, amikor a szár vastagodását nem képes az epidermisz egyenletesen követni, ezért az felhasadozik. Ez a repedés sekély, így a gyenge felső réteg megszárad, alatta zölden maradt mező alkalmas szívási felület a lárvák számára. Ezek a hasadások leggyakrabban a náduszok alatt képződnek. A folyamat júniusig figyelhető meg. Ezt követően a vesszők tövéénél is elindul egy hasadás, amely fokozatosan húzódik felfelé. Ez a második és harmadik nemzedék lárváinak megfelelő élettér. A másik típusú egy V-alakú hasadás, amely mélyebb, akár a bélszövetig terjedhet. Ez későbbiekben kallusszal töltődik ki.

A peték lerakására megfelelő helyek kialakulhatnak külső tényezők hatására is. Például a meztelen csiga rágása, vagy egyéb, külső mechanikai szövetsérülés (éjszakai fagy, hajtáscsúcs sérülése) következtében (Labruière és Nijveldt 1959, Stoyanov 1963). A fiatal sarjakat mechanikai sérülések érhetik művelőeszközök által, a talaj felett letörhetnek, de szél is okozhat sérülésekkel járó károkat (Labruière és Nijveldt 1959).

Vizsgálták a tojásrakási időszakot is, amelyet általában a délutáni és esti időszakban figyeltek meg (Pitcher 1952, Nijveldt 1963). Pitcher (1952) szerint 11:00–20:40 óra között (G. M. T.) zajlik. Egy nőstény átlagosan 45 tojást rak (12–72 tojást figyelt meg), ezek jelentős részét élete első 24 órájában rakja le (Pitcher 1952). Stoyanov (1963) szerint a petéket kettes–ötös csoportokban helyezi a sarjakra igen tág hőmérsékleti viszonyok között (12–27 °C). Kísérlete során 60 szúnyog párt vizsgált, a nőstények átlagosan 30–40 tojást raktak (maximum tojásszám 70 volt).

A lárvák a lerakott petékből néhány napon belül kikelnek. Stoyanov (1963) kettő–négy napot (20–25 °C), Labruière és Nijveldt (1959) öt–nyolc napot, míg Pitcher (1952) kettő–hét napot figyelt meg. Nijveldt (1963) laboratóriumban, állandó hőmérsékleten végzett megfigyelései során megállapította, hogy 4 °C-on még nem; de 10 °C-on 14 nap alatt; míg 13,5–30 °C közötti hőmérsékleteken a lárvák egy héten belül kikeltek.

A lárvák a bőrszövet alatt élnek, ahol sejtnedvvel táplálkoznak. A sejtek falát a maguk által kiválasztott anyag segítségével oldják fel (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963). Ambrus (1972) is hasonló táplálkozási folyamatot jelöl, szerinte a lárvák a parenchima rétegből szívják fel a tápláló nedveket. A teljes fejlettségük eléréséig a növényen táplálkoznak (Pitcher 1952). Az átlagos fejlődési idő 10–16 nap (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963). Gordon és Williamson (1991) szerint a kelést követően 14–21 nappal éri el a lárva azt a fejlettségi szintet, amikor a talajra eshet, és bábozódhat (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963). Magyarországi megfigyelések szerint a lárvastádium időtartama 18–25 nap (B. Balázs 1966, Balázs 1971). A vessző elhagyása után a talaj felső rétegében üreget ás a lárva, majd egy kokont készít maga köré (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963).

A lárva talajra esését követően, a hetedik napon a bábozódás megtörténik (Pitcher 1952). Ezt követően a 19. napon kirajzanak az imágók. A nyári nemzedékek átlagosan 17 napot (13–25 napot) töltenek a talajban (Pitcher 1952). Mások ennél hosszabb időt, 22–26 napot figyeltek meg a nyári hónapokban (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963). B. Balázs (1966) 10–16 napot írt.

A bábból kifejlődő imágók a talaj felszínére furakodnak (Pitcher 1952, Stoyanov 1963), ahol 20–50 percig (Pitcher 1952), más megfigyelések szerint közel 60 percen át (Stoyanov 1963) mozdulatlanok maradnak, mielőtt megpróbálnának repülni (Pitcher 1952). Ez idő alatt szárnyuk kifeszül, és repülésre alkalmassá válik (Stoyanov 1963). Pitcher (1952) szerint 9–16 óra között bármikor várható a megjelenésük a talajból, ugyanakkor Stoyanov (1963) nappal és éjszaka egyaránt megfigyelte a jelenséget. A fő időszaknak azonban a délelőtti órákat (9–11 óra) jelölte meg. Elsőként a hímek jönnek elő a talajból (Gordon és Williamson 1991). Pitcher (1952) a nőstény megjelenését követően, még mielőtt annak szárnyai kifeszültek volna nagyon rövid ideig tartó (90 s) párosodást figyelt meg. Hozzá hasonlóan Stoyanov (1963) is rövid ideig tartó kopulációt írt le, amely a két nem találkozásakor azonnal lejátsszódik.

Pitcher (1952) leírásában laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatokra alapozva jellemezte rajzásukat. Megállapította, hogy a fejlődési időt nagymértékben befolyásolja a hőmérséklet. Három éves megfigyelése során, a nyári nemzedékek fejlődési idejét 26–49 napban (1946); 24–55 napban (1947), valamint 33–75 napban (1948) határozta meg. Az áttelelő nemzedék fejlődési ideje 226–298 nap (1946–1947); 258–274 nap (1947–1948); 251–309 nap (1948–1949) volt. Külön hőmérsékleti adatokat nem jelölt.

Pitcher (1952) szerint nincs diapauza a kártevőnél. Stenseth (1972) azonban vizsgálatai során igazolta, hogy a kártevő diapauzál. Kísérletében a hőmérséklet és a málnavessző-szúnyog fejlődése közötti kapcsolatot írta le. A vizsgálat első felében a tojástól az L3 lárvastádiumig



(amíg táplálkoztak) figyelte meg a hőmérséklet hatását, majd a második felében az előbáb és báb fejlődését vizsgálta. A hideghatásnak kitett L3 lárvákat különböző hőmérsékleteken (12, 15, 18, 21, 24, 27 és 30 °C) nevelte. Egy nemzedék kifejlődése 30 °C-on 16–28 nap, 24 °C-on 18–32 nap, 21 °C-on 23–46 nap, 18 °C-on 32–55 nap, míg 15 °C-on 44–67 nap alatt zajlott le. Hódosy és munkatársai (1964) szerint egy nemzedék 20–22 °C-on 45–50 nap alatt fejlődik ki.

Az ültetvényben nappal repülnek az imágók, 8 és 20:40 óra között (Pitcher 1952). Stoyanov (1963) a déli órákban és este 16–21 óra közötti időszakban találta a legaktívabbnak a fajt, addig Hódosy (1965) csak a déli rajzást figyelte meg Magyarországon. Egy percig, vagy rövidebb ideig képesek repülni (Pitcher 1952). Az ültetvényen belül általában alacsonyan mozognak, ritkán szállnak a vesszők fölé (Stoyanov 1963). Általában a vesszők és sarjak alsó 50 cm-én találhatók meg (Hódosy és munkatársai 1964, Hódosy 1965). Aktivitásukat jelentősen befolyásolja a hőmérséklet és a csapadék. Hűvös, esős időben nem repülnek (Stoyanov 1963).

Az imágók rövid életűek (Pitcher 1952, Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963, Stoyanov 1963), bár szerzőként változó ennek időtartama. Pitcher (1952) szerint általában három napig, vagy ennél kevesebb ideig élnek. Egy laboratóriumi vizsgálata alapján a két nem közül a nőstények képesek hosszabb ideig élni, amennyiben nem tudnak tojást rakni. Stoyanov (1963) ennél hosszabb időszakot figyelt meg: a nőstények egy–öt napot, míg a hímek akár hét–nyolc napot is éltek. Mások szerint átlagosan egy hétig élnek (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963). Az imágók nem táplálkoznak (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963, Stoyanov 1963), életük során csak nedvességet vesznek fel, erre a célra a harmatcsepp megfelelő számukra (Nijveldt 1963).

Stoyanov (1963) vizsgálta a rajzó imágók ivararányát. Változó eredményt kapott, bár egyes napokon a két nem egyenlő arányban repült, előfordult csak a nőstények, illetve csak a hímek repülése is.

## 2.4. A málnavessző-szúnyog kártétele

A málnavessző-szúnyog kártevő fejlődési alakja a lárv. A kéreg alatt táplálkozó lárvák széttronsolják a hánccszövetet, ezt a vesszőrészeken elhalt, sötét lilásbarna, kissé bemélyedő foltok jelzik (Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963, Hódosy és munkatársai 1964, Balázs 1971, Ambrus 1972, Glits és munkatársai 2001). A károsítás miatt a víz és a tápanyagszállítás akadályozottá válik, így a vesszők kihajtáskor, vagy a terméskötődés idején elhervadhatnak (Nijveldt 1963). A korai magyar szakirodalomban olvasható, hogy a málnagubacs-szúnyog

(*Lasiptera rubi*) kártételéhez hasonlóan ennél a fajnál is a kártétel helyén sejtburjánzás kialakulhat, főként az erőteljes növekedésű fajtáknál (Hódosy és munkatársai 1964, Hódosy 1965, Balázs 1971). Azonban az előbbi fajnál a gubacsban a lárvák mindig fellelhetők, de a málnavessző-szúnyognál nincsenek lárvák a gubacsokban (Hódosy és munkatársai 1964, Hódosy 1965).

A málnavessző-szúnyog lárváinak kártétele nyomán kialakuló foltok megjelenésükben a didimellás betegség (kórokozó: *Didymella applanata*) tünetéhez hasonlítanak (Glits és munkatársai 2001). A kórokozó tünete a málna szárán egy sötétbarna-lilásbarna folt, amely gyakran egy rügy körül, vagy egy természetes repedés mentén jelenik meg. A foltok oválisak, és a szár hosszirányában alakulnak ki. Júniusban már látható a tünet a növény szárán. A folt közepe az idő előrehaladtával kivilágosodik, szürkés árnyalatúvá válik a piknídiumok miatt (Labruyère és Engels 1963). Azonban, amíg a didimellás betegség általában csak az epidermiszre terjed ki, addig a lárváknál a károsítás helyén a farész sokszor elhal, gyakran a bélrészig terjedő szövetelhalás lép fel. Eltérés még a tünetekben, hogy a lárvák kártétele során a héjkéreg felválk (Hódosy és munkatársai 1964, Glits és munkatársai 2001), a didimellás betegség esetén nem (Hódosy és munkatársai 1964, B. Balázs 1966).

Stoyanov (1963) leírása alapján a málnavessző-szúnyog kártétele a sarjak 30–40 cm-es magasságának elérése után kezdődik, majd növekedésükkel a kártétel mértéke emelkedik. Augusztusban már a károsított sarjak tömegesen sárgulnak, egy részük az év végére elszárad. A növények évenkénti idő előtti elszáradása a gyökérrendszer kimerüléséhez vezethet, ezzel együtt a növény életképességének csökkenéséhez is. A vesszők tömeges elszáradása jelentkezhet akár a vegetáció közepén, az első gyümölcsök érése kezdetén is felléphet, ekkor a gyümölcsök aprók, savanyúak maradnak.

Magyarországon a lárvák fő károsítási ideje június eleje-közepe, július vége-augusztus eleje és augusztus vége-szeptember első fele (Balázs 1971).

### ***Vesszőpusztulás tünetegyüttese***

Azokban a sebzésekben, melyekben a lárvák táplálkoznak, nem indulnak meg a sebzáródási folyamatok (Barnes 1948, Pitcher 1952, Stoyanov 1963, Glits és munkatársai 2001), a megtámadott szövetek nem tudnak záródni, így primer és szekunder gombák behatolási helyéül szolgálnak (Nijveldt 1963, Hódosy és munkatársai 1964, Ambrus 1972). Az így kialakult tünetegyüttes a vesszőpusztulás (Gordon és Williamson 1991).

A *Leptosphaeria coniothyrium* Labruyère és Engels (1963) felmérése szerint az egyik leggyakoribb kórokozó a vesszőpusztulás tünetegyüttesben, bár Pitcher és Webb (1952) szerint nem az. A *Didymella applanata* szintén a vesszőpusztulás leggyakoribb kórokozói közé tartozik (Pitcher és Webb 1952, Labruyère és Engels 1963, Hódosy 1965, Béres és Fischl 1974, Williamson és Hargreaves 1979b). Jelentős kórokozó Szibériában is (Shternshis és munkatársai 2006). Szabadföldi vizsgálatok során az *Alternaria* spp. előfordult a málnavessző-szúnyog kártételével együtt a vesszőkön (Labruyère és Engels 1963, Gordon és Hargreaves 1973, Williamson és Hargreaves 1979b). A vesszőpusztulás leggyakoribb kórokozói közé tartozik továbbá a *Phoma* spp. (Labruyère és Engels 1963, Béres és Fischl 1974, Williamson és Hargreaves 1979b) és a *Stemphylium* spp. is. A sebekben megtalálták a *Colletotrichum gloeosporioides*, a *Phomopsis corticis* és a *Cephalosporium* spp. fajokat is. A legtöbb esetben a kórokozók a málnavessző-szúnyog lárváival együtt fordultak elő (Labruyère és Engels 1963). Hódosy (1965) szerint továbbá a *Coniothyrium fuckeli* és a *Botrytis cinerea* kórokozók játszanak fontos szerepet a tünet kialakításában. Kimutatták a *Gloeosporidium venetum* és a *Coryneopsis rubi* jelenlétét is (Béres és Fischl 1974).

A lárvák és a kórokozók közötti kapcsolatot számos szempontból vizsgálták. Labruyère és Engels (1963) kísérleteik során megfigyelték, hogy a mesterséges sebzések kizárólag gombaszuszpenzióval való fertőzést követően záródtak. Amennyiben a szúnyog lárvái is jelen voltak, akár szuszpenziós fertőzés nélkül is kialakult a fertőzés (spontán úton). Többen igazolták, hogy a lárvák segítik a másodlagos gombás fertőzések kialakulását (Labruyère és Nijveldt 1959, Labruyère és Engels 1963, Williamson és Hargreaves 1979b). Williamson és Hargreaves (1979a) megállapították, hogy amennyiben kevesebb tojásrakásra alkalmas seb volt a vesszőn, akkor kevésbé jelentkeztek a vesszőpusztulás kórokozóinak tünetei.

Labruyère és Nijveldt (1959) a kórokozókat három csoportba sorolták.

Az első csoportba tartozó kórokozók a málnavessző-szúnyog lárvája nélkül képesek fertőzni a málnát pl. *Botrytis cinerea*, *Elsinoë veneta* (Labruyère és Nijveldt 1959).

A második csoportba tartozó kórokozók fertőzéséhez nem szükséges a lárvák jelenléte, de segíthetik a folyamatot pl. *Leptosphaeria coniothyrium*, *Phomopsis corticis*, *Gloeosporium* spp. és *Didymella applanata* (Labruyère és Nijveldt 1959). Seemüller és munkatársai (1988) megfigyelései szerint a *Leptosphaeria coniothyrium* kórokozónak nincs szüksége szöveti sérülésre ahhoz, hogy megfertőzze a málna szövetét. Williamson és Hargreaves (1979b) a *L. coniothyrium* fajt esetenként olyan sebzésekben találták meg, amelyeket mechanikai sérülések idéztek elő (pl. gépi betakarításkor). Ugyanakkor Labruyère és Engels (1963) kísérletükben ép

vesszőt, sarjat nem tudtak megfertőzni a kórokozóval. Többen megállapították, hogy a *Didymella applanata* fertőzésekor mélyebb behatolás (floémbe, xilémbe és bélszövetbe) csak sérüléseknél, vagy egyéb fertőzések esetén lehetséges (Pitcher és Webb 1952, Labruière és Engels 1963, Williamson és Hargreaves 1979b), mások szerint a málnavessző-szúnyog lárvái szükségesek a behatoláshoz (Labruière és Nijveldt 1959, Labruière és Engels 1963, Stoyanov 1963).

A harmadik csoport csak a málnavessző-szúnyog lárvákkal együtt képes behatolni a málna szövetébe pl. *Fusarium* spp. (Labruière és Nijveldt 1959). A *Fusarium culmorum* (Sacc.) fajt Labruière és Nijveldt (1959), valamint Pitcher és Webb (1952) is kimutatták azokból a szövetekből, amelyekben a málnavessző-szúnyog lárvája táplálkozott és fejlődött. Williamson és Hargreaves (1979b) a *Fusarium avenaceum* képleteit nemcsak a lárvák által károsított szöveti részekben találták meg. Ehhez hasonlóan Weber és Entrop (2008) is a kártevő lárvája nélküli fertőzéseket is megfigyeltek Németországban.

### **Tápnövénykör**

A kártevő tápnövénykörének feltárására számos megfigyelést és kísérletet végeztek, amelyek során csaknem minden kutató ugyanarra a következtetésre jutott. A fő tápnövény a málna (*Rubus idaeus*).

Tojásrakást, valamint az egyedek kifejlődését Barnes (1944, 1948) a málnán kívül megfigyelte szedren és vadrózsán is. Vele ellentétben Stoyanov (1963) a kártevő tömeges rajzásának idején mesterségesen sebzett rózsán és szedren nem talált tojást. Mesterséges körülmények mellett erdei szamócán mutatott ki lárvákat. Szerinte a lárvá egyedül a málnán fejlődik ki természetes körülmények között.

Hódosy és munkatársai (1964) málnán és szedren találták meg szabadföldön a kártevőt.

Barnes (1944) vizsgálatai során megállapította, hogy a málnán kívül egyes *Rubus* fajokra és hibridekre (*Rubus x loganobaccus*) rak tojást. Az imágók málnán, *Rubus procerus*on, *Rubus x loganobaccus* hibriden fejlődtek ki. A vizsgálataiban szereplő almán, birsen, rózsán, galagonyán és szilván is megtörtént a tojásrakás, bár ez utóbbi két növényen ritkán. Cseresznye, fekete és piros ribiszke, köszméte és *Ribes divaricatum* fajon nem figyelt meg petét. Pitcher (1952) is hasonló megfigyeléseket tett e növényfajok és hibrid esetén, kivéve a birsnél. Talált még petét szedren (*Rubus fruticosus*) is. A kökény, az őszibarack és a körte nem voltak megfelelő tápnövények.

Nijveldt (1963) egy kísérlete során a tojásrakási kedvet vizsgálta mesterségesen megsebzett *Rubus* fajoknál (*R. caesius*, *R. gratus*, *R. idaeus*, *R. laciniatus*, *R. macrophyllus*, *R. nessensis*, *R. silvaticus*, *R. vestitus* és *R. caesius x R. idaeus*). Mindegyikre raktak petét a nőstények, azonban csak a *R. caesius*, *R. idaeus*, *R. caesius x R. idaeus* fajokra és hibridre rakott tojásokról fejlődtek ki végül az imágók, vagyis a lárvák itt jutottak megfelelő táplálékhoz. Azonban ezek a vad fajok felrepedésre nem hajlamosak, így szabadföldön nem jelenthetnek táplálékforrást a málnavessző-szúnyog lárváinak.

## 2.5. A málnavessző-szúnyog rajzásdinamikája

A különböző módszerekkel vizsgált málnavessző-szúnyog imágók rajzása hasonló eredményre vezetett, miszerint a faj több nemzedékes, a nyári nemzedékek átfednek egymással.

Magyarországon évente három nemzedéke fejlődik (B. Balázs 1966, Balázs 1971, Ambrus 1972, Glits és munkatársai 2001). Az első nemzedék május végétől, a második nemzedék július elejétől, míg a harmadik nemzedék augusztus közepétől rajzik (B. Balázs 1966, Balázs 1971, Glits és munkatársai 2001).

Hollandiában a fajnak évente szintén három nemzedéke van (Labruyère és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963), kivéve meleg nyári és őszi időszak esetén, akkor egy negyedik nemzedék is kialakulhat. Nijveldt (1963) e rajzásmegfigyeléshez olyan sarjakat gyűjtött be, amelyeken fejlett lárvák voltak. A sarjakat visszavágást követően tárolóedénybe tett. Ennek falán a kifejlődött imágók felfelé haladva egy gyűjtőüvegbe kerültek, ahonnan naponta egyszer (délben) távolította el az egyedeket.

Stoyanov (1963) április és október között végzett szabadföldi megfigyelései alapján megállapította, hogy száraz és meleg időben a tömeges repülés április végén, május elején megy végbe 10–20 nap alatt. A nyári nemzedékek rajzása a hőmérséklet emelkedésével rövidebb ideig tart.

Pitcher (1952) szerint átfedő nemzedékek jellemzik a fajt, ő három nemzedék kifejlődését feltételezte Angliában. Április végétől szeptember végéig figyelte meg az imágókat az ültetvényben.

A rajzásmegfigyelést jelentősen segítette a szexferomon azonosítása és a szexferomon csapda forgalomba hozatala (Cross és Hall 2005, Hall és munkatársai 2009). Cross és Hall (2005) egy konferencián számoltak be a málnavessző-szúnyog szexferomonjának azonosításáról. Majd 2009-ben jelent meg részletes publikációjuk ebben a témában. A szexferomon fő

komponense 2-acetoxy-5-undecanone (Hall és munkatársai 2009). Cross és munkatársai (2008) javaslata szerint a szexferomon csapdákat április 1–szeptember 30. között javasolt az ültetvényekben üzemeltetni. A csapdatestet az ültetvény közepén, 50 cm magasságban célszerű elhelyezni. A ragacsos lapok cseréjét hetente, míg a kapszulák cseréjét havonta javasolják. Amennyiben kevés a fogás, a ragacsos lapok használhatóak egy hétnél hosszabb ideig is. A csapdánkénti 30 hím fogását követően a növényvédelmi kezelés indokolt. A csapdák tesztelését számos országban elvégezték.

Łabanowska és Cross (2008) lengyelországi két éves (2006–2007) rajzásmegfigyelési adatokat, valamint a tojásrakás dinamikáját ismertették. Az előző megfigyelést szexferomon csapdával, az utóbbi megfigyelést mesterségesen sebzett sarjak módszerével végezték. Lengyelországban három nemzedék fejlődött ki évente, április végétől október elejéig jelen volt a kártevő imágója az ültetvényben. Ők a második nemzedék idején találtak a legnagyobb számban lárvát és tojást a sarjakon, ekkor 8 db/cm volt a sűrűségük. Jennings és munkatársai (2003) szerint is a második nemzedék általában a legnagyobb egyedszámú, mert az első nemzedék nőtényei a tavaszi időszakban találnak a legtöbb tojásrakásra alkalmas helyet a sarjakon, így a legnagyobb mennyiségben ekkor rakhatják le a tojásokat az év folyamán. Nemcsak sarjakra, hanem tavalyi vesszőkre is lerakhatják petéiket, bár a vesszőkön a lárvák nehezen tudnak táplálkozni, sok elpusztul (Glits és munkatársai 2001).

Nilsson (2008) Svédországban végzett szexferomon csapda rajzásfelügyelet alapján a faj április végétől október elejéig volt jelen az ültetvényben. Augusztusban fogták a legtöbb hímeket a csapdák (500 hím/csapda/hét). Megfigyelései alapján a csapdatesteket egymástól legalább 20 m távolságban szükséges elhelyezni.

Cross és munkatársai (2008) a málnavessző-szúnyog szexferomon csapda tesztelése során megállapították, hogy a fajnak három nemzedéke fejlődhet ki Norvégiában, Oroszországban és Svédországban. Négy nemzedék Magyarországon, Lengyelországban, Szerbiában (Tanasković és Milenković 2010), Svájcban és Nagy-Britanniában jellemző. Olaszországban egy esetleges ötödik nemzedéket jelöltek meg (Cross és munkatársai 2008).

## 2.6. Előrejelzési módszerek és védekezés

### *Előrejelzés*

Gunn és Foster (1978) az első nemzedék megjelenését két módon figyelték meg: mesterségesen sebzett sarjakra lerakott tojások számának követésével, valamint a talajból előbújó imágók kirajzásának megfigyelésével. A vizsgálat alapján az imágók május végén jelentek meg, június első hetében volt egy enyhe rajzáscsúcs. Általában a két nem egyszerre jelent meg, egy esetben tapasztalták hímek korábbi megjelenését. Tojásrakási vizsgálat során megállapították, hogy késve, de követi a tojások megjelenése az imágók rajzását. Mindkét módszert alkalmasnak találták előrejelzésre.

Gordon és munkatársai (1989) az áttelelő nemzedék tojásrakási idejének meghatározására dolgoztak ki egy hőösszeg-számításon alapuló előrejelzési modellt. Az ehhez szükséges talajhőmérsékletet 10 cm mélyen mérték, és a napi maximum és minimum hőmérsékleti adatokat használták. A nyolc éves adatsor alapján a legjobban illeszkedő eredményt 4 °C „biológiai nullpont” mutatta. Skóciában, ahol a szabadföldi méréseket végezték 339 nap °C elérése után tapasztalták a tojásrakás kezdetét. A modellt ezt követően számos európai országban tesztelték.

Svájcban február 1-jétől összegezték 4 °C felett a napi átlag talajhőmérsékletet az első tojások megtalálásáig. Az effektív hőösszeg Svájcban 360 nap °C volt (Schmid és munkatársai 2001, Barrie és munkatársai 2000, Gordon és munkatársai 2002b). A RACER projekt keretében végzett vizsgálatok alapján Olaszországban 260 nap °C, Finnországban 200 nap °C, míg Skóciában 326 nap °C (Barrie és munkatársai 2000, Gordon és munkatársai 2002b). Franciaországban 312 nap °C volt (Gordon és munkatársai 2002b). Amennyiben a tojásrakás kezdetét ezzel a módszerrel előrejelezték, elegendő volt a szokásos két-három kezelés helyett, mindössze egy kezelés elvégzése a kártevő ellen (Barrie és munkatársai 2000). A modell négy nap pontossággal jelez (Gordon és Woodford 2000). Gordon és munkatársai (1989) által kidolgozott, az első nemzedék tojásrakási időszakának kezdetét előrejelző hőösszeg számításra alapuló modell országoként jelentős különbséget mutatott (Barrie és munkatársai 2000), ezért javasolt a módszer alapján minden országban szabadföldi megfigyelésekre alapozott adaptálás (Gordon és munkatársai 2002b).

Höhn (1991) különböző színű ragacsos lapokat (fehér, sárga, zöld, olíva és kék) tesztelt málnaültetvényben, amelyek közül minden színre repültek imágók, azonban nagyon kevés számban (átlagfogás 6). A sárga színű lapot tartották eredményeik alapján a legjobb hatékonyságúnak.

## Védekezés

A málnavessző-szűnyog elleni védekezés a kártevő közvetett kártétele (vesszőpusztulás) miatt elengedhetetlen (Labruière és Engels 1963). Barrie és munkatársai (2000) szerint amennyiben nem védekeznek a málnavessző-szűnyog ellen, a területen 33–50 % közötti kártételre lehet számítani, amely a termő vesszők pusztulásához vezethet. A növényvédő szerek kezelését, valamint a megfelelő termesztéstechnológiát ajánlották már 1959-ben is (Labruière és Nijveldt 1959).

Nijveldt (1963) szerint a védekezésnek három alap pillére van: a sarjsérülések elkerülése, bizonyos termesztési szabályok betartása és a kémiai növényvédelem. A sarjsérülések elkerülése azért, mert a nőstények tojócsöve nem olyan merev, hogy a kérget átfúrja. A legfontosabb a tavaszi (májusi) sarjnemzedék felrepedésének megelőzése, vagy olyan fajták telepítése, amelyek nem hajlamosak felrepedésre. Ugyanis a korán felrepedő fajták érzékenyebbek a málnavessző-szűnyog kártételére (Glits és munkatársai 2001).

A sarjsérülések kialakulásának megelőzésében több tényező is fontos szerepet játszik. Ambrus (1994) a védekezés alapelvei között említi a kéreg felrepedését okozó környezeti paraméterek kerülését, például az ingadozó talajnedvességet vagy a lúgos kémhatású talajokat. Az egyenletes vízellátás csökkenti a sarjak felrepedését (Hódosy és munkatársai 1964).

Az első sarjnemzedék hajlamos a felrepedésre a májusi fagyok miatt, így javasolt e sarjak eltávolítása (Nijveldt 1963), amely az átteelő nemzedék tojásrakási helyeit is csökkenti (Balázs 1971). Telepítésre és termesztésre olyan fajták alkalmasak a málnavessző-szűnyog kártételének mérséklése szempontjából, amelyek nagy sarjhozammal rendelkeznek, így a májusi sarjnemzedék terméskiesés nélkül eltávolítható, illetve a vegetáció során a sarjak folyamatosan ritkíthatóak (Nijveldt 1963). Birch és munkatársai (2004) a tavaszi sarjnemzedék herbicides kezelését javasolják, így e sarjnemzedék felrepedésétől nem kell tartani. Angliában az első sarjnemzedéket leperzselik, hogy az első nemzedék nőstényei ne tudják lerakni tojásaikat (Gordon és Williamson 1991). Labruière és Engels (1963) kísérleteiben az előbb említett műveletek elvégzésével, valamint a gyommentes ültetvénnel hatékonyabban tudtak védekezni a vesszőpusztulás ellen, mint a fungicides kezelések elvégzésével. Hasonló következtetésre jutott Labruière és Nijveldt (1959). Egy vizsgálatuk során bár kísérleteikben sikeres volt a kártevő elleni kémiai védelem, azonban a fungicides kezelések a gombás fertőzések ellen nem, mert nem jutottak el a megfelelő helyre. A seb a fungicidek ellen jó védelmet nyújt a kórokozónak (Labruière és Nijveldt 1959).



Első sarjnemzedék eltávolítása, a termésszedés előtti újabb sarjritkítás (Labruière és Nijveldt 1959, Hódosy és munkatársai 1964), majd a szüretet követően a letermett vesszők kivágása és elégetése szükséges (Labruière és Nijveldt 1959, Labruière és Engels 1963). Azonban Balázs (1971), valamint Glits és munkatársai (2001) felhívják a figyelmet a parazitált lárvákra, hiszen azok ekkor a vesszőn tartózkodnak. Amennyiben a károsított vesszőket késő ősszel, télen vagy tavasszal távolítják el, akkor a vesszőn lévő parazitált lárvákat viszik ki az ültetvényből.

A málnavessző-szúnyog elleni növényvédő szeres védekezést az első nemzedék idején szükséges kezdeni (Hollandiában május második felében), majd a második és a harmadik nemzedék idején is folytatni kell a kezeléseket (Nijveldt 1963). Labruière és Nijveldt (1959) is javasolnak inszekticides kezelést a szüretet követően. Gordon és Williamson (1991) szerint a növényvédő szeres kezelés a málnavessző-szúnyog ellen általában az első nemzedékre korlátozódik, mert a második és a harmadik nemzedék rajzása egybeesik a gyümölcszedés idejével, amely korlátozza a rovarölő szerek felhasználását. Tapasztalataik szerint a tavaszi rajzáskor két-három alkalommal kell kijuttatni az inszekticideket a vesszők alsó 50 cm-es részére. Glits és munkatársai (2001) szerint is a kémiai védekezést májusban az első nemzedék imágói ellen kell irányítani, azonban ők a szüretet követően (augusztus közepén) még egy ismétlést javasolnak.

Többen azért javasolják az első nemzedék elleni védekezést (Labruière és Nijveldt 1959, Stoyanov 1963, Birch és munkatársai 2004), mert ebben az időszakban még kevés a megfelelő tojásrakási hely. A tojásrakásra alkalmas helyek a második nemzedék idején keletkeznek tömegesen. A harmadik nemzedék idején már a sok a repedés a vesszőkön, de ezek beszáradtak, így csak a sarjakon esetleges újonnan keletkezett sebzések lehetnek alkalmasak nedvességüket tekintve (Labruière és Nijveldt 1959).

Woodford és Gordon (1978b) a málnavessző-szúnyog ellen júniusban *fenitroton* hatóanyaggal kezelt állományokban, mind szabadföldön, mind növényházban vírus fertőzés tünetéhez hasonló levéltünet kialakulásáról számolnak be. A málnafajták érzékenysége eltérő volt (*Malling Admiral* volt a vizsgált fajták között a legérzékenyebb, míg *Malling Jewel* a legkevésbé).

Woodford és Gordon (1988) a málnavessző-szúnyog elleni növényvédő szerek hatásosságát *Glen Clova* fajtán vizsgálták. Az első sarjak *dinoseb* hatóanyaggal végzett deszikkálás hatására szükségtelenné vált az inszekticidek használata az ültetvényben. A

*klórpirifosz* és a *fenitrothion* hatóanyagok mutatták a legjobb hatékonyságot a málnavessző-szúnyog ellen, az első nemzedék idején.

Lengyelországban a málnavessző-szúnyog ellen a málna virágzását megelőzően, valamint a betakarítást követően védekeznek. Az integrált növényvédelmi programukban *fenitrothion* és *foszalon* hatóanyagokat használnak (Olszak és munkatársai 2000).

Shternshis és munkatársai (2002) BACTICIDE® (*Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis*) és PHYTOVERM® (*Streptomyces avermitilis*) biopreparátum málnavessző-szúnyogra gyakorolt hatását vizsgálták. Tapasztalataik szerint a málna vesszőpusztulás tünetegyüttes (midge blight) megjelenését visszaszorította.

Shternshis és Shpatova (2007) Phytoverm® biopreparátumot (*Streptomyces avermitilis*) alkalmasnak találták a málnavessző-szúnyog és közönséges takácsatka ellen. Erre alapozva *Didymella applanata* ellen is kipróbálták. Ugyanolyan jó eredményeket mutatott, mint a Topaz®. Vének (2008) vizsgálatokat végzett a *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* baktériumot tartalmazó biopreparátum málnavessző-szúnyog lárvák elleni felhasználhatóságának értékelésére. Szabadföldi növényvédelmi kezelések eredményei alapján megállapította, hogy a kártevő lárváinak egyedszámát a készítmény használatával nem lehetett statisztikailag igazolható mértékben csökkenteni Magyarországon.

A rezisztencianemesítés fontosságára már Pitcher (1952) is felhívta a figyelmet.

McNicol és munkatársai (1983) a *Rubus crataegifolius* és a *Rubus odoratus* fajokat, valamint a *Rubus crataegifolius* x *Rubus idaeus* hibridet a málnavessző-szúnyoggal szemben ellenállónak találták, mind szabadföldi, mind laboratóriumi körülmények között. A *Rubus parvifolius* faj ellenállóbb volt a *R. idaeus* fajnál. A *R. crataegifolius* x *R. idaeus* hibridje rezisztencia kapcsolatot mutatott a periderma sebzésével, az itt található szuberin és lignin sejtekkel. Ezek a sejtek az elsődleges kortexből és a poliderma felloid sejtjeiből alakulnak ki egy gyors válaszreakcióként a sebzések keletkezését követően. Ennek köszönhetően a létrejött sebek nem alkalmasak a tojásrakásra. A hibrid esetén ez az új szövet képződése megelőzi az elsődleges kortex leválását, ezzel megakadályozza a vessző felületének repedezését. A kísérletben vizsgálták még a *Glen Clova* fajtát (*Rubus idaeus* egyik fajtája), amelyen nagyon sok lárvát találtak (91,4/vessző). A *R. parvifolius* fajon kevesebb (3,7/vessző) volt. *R. odoratus*-on nem találtak lárvát. Vizsgálták *R. parvifolius* x *R. idaeus* hibridet, valamint különféle *R. idaeus* genotípusokat is rezisztencia szempontjából, ebben az esetben is csak kevés lárvát találtak (6,2/vessző és 7,7/vessző), azonban az első hibridnél a sebzett vesszők 60 %-a, míg a *R. idaeus* esetén 100 % fertőződött lárvákkal. Kapcsolatot találtak a tojásrakás és a vessző között.

Szerintük a természetes sebzés alakja, szövete (szerkezete), mérete is meghatározó, illetve a sebgógyulásának mértéke, milyensége is.

Vétek és munkatársai (2005, 2006a) málnafajták málnavessző-szúnyog ellenállóságát értékelték magyarországi ültetvényekben. A vizsgált fajták: *Fertődi zamatos*, *Rubacca*, *Tulameen*, *Autumn Bliss* és *Golden Bliss* fajták voltak. Vizsgálták a lárvák számát a természetes repedésekben, a repedések hosszát és a kéregleválás mértékét, illetve ezek közötti összefüggéseket kerestek. Megállapították, hogy az *Autumn Bliss* és a *Golden Bliss* repedt fel a legkorábban (június eleje), majd július közepéig minden sarj felhasadt. A *Tulameen* felrepedése június végén hirtelen indult meg. A *Fertődi zamatos* és a *Rubacca* a sarjon termő fajtákhoz képest egy hónappal később, június végén kezdtek felrepedni, így ezeken a fajtákon a málnavessző-szúnyog első nemzedékének nőtényei alig találnak tojásrakási helyet. Azonban a lárvaszám a *Rubacca* fajtán volt a legnagyobb, ezen kívül a hosszirányú repedések száma is sok volt és kérge a vizsgált fajták közül a legnagyobb mértékben elváló. Vagyis ezek a tulajdonságok kedvező feltételeket „biztosítanak” a nyári nemzedékek tojásrakásához. A *Tulameen* és a *Fertődi zamatos* kérge volt a legkevésbé elváló. Ezen túl gyorsan is fásodott a *Fertődi zamatos*. A két sarjon termő fajta esetén a sajátos termesztés technológia miatt (vagyis az évenkénti tarravágás) a málnavessző-szúnyog kártétele nem jelent nagy termesztési kockázatot. A termesztőknek ez utóbbi három fajtát ajánlják Magyarországon. Vétek (2008) négy termesztett málnafajta (*Fertődi zamatos*, *Tulameen*, *Rubacca* és *Autumn Bliss*) málnavessző-szúnyoggal szembeni ellenállóságának mértékét vizsgálta. Megállapította, hogy a málnasarjak kéregrepedéseiben táplálkozó lárvák száma a kéregleválás átlagos mértékével szorosabb együttjárást mutat, mint a repedések összesített hosszával. Kimutatta, hogy a *Fertődi zamatos* és a *Tulameen* fajták a málnavessző-szúnyoggal szemben hasonlóan jó ellenállósággal rendelkeznek.

A málnavessző-szúnyog természetes ellenségeiről már a korai leírásokban is olvashatunk.

Barnes (1944) *Lestidoplosis* sp. fajról írt. Pitcher (1952) az *Anthocoris nemorum* (Hemiptera), a *Piestopleura catillus*, a *Leptacis* sp. (Scelionidae, Hymenoptera), a *Tetrastichus inunctus* (Nees) (Eulophidae, Hymenoptera)) fajokra hívta fel a figyelmet.

Az elmúlt években Darvas és munkatársai (2000) a *Tetrastichus lycidas* (Walker) és a *T. vincius* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) parazitákat említették. Magyarországon a málnavessző-szúnyog legfontosabb természetes ellensége az *Aprostocetus epicharmus* (Chalcidoidea: Eulophidae) karcsú fémfürkész faj (Vétek és munkatársai 2006b, Vétek 2008). Két éves felvételezése során átlagosan 40 %-os parazitáltságot tapasztalt (Vétek és Péntes 2004, Vétek és Péntes 2005).

## 2.7. Fejlődési idő meghatározása állandó hőmérsékleten

A rovarok fejlődését jelentősen befolyásolja a hőmérséklet. A fejlődési ráta alakulásának szempontjából három részre osztható a hőmérsékleti skála. Elkülöníthető egy felső és egy alsó sáv, amelyeken a fejlődés bár végbemehet, de jelentős mortalitás figyelhető meg. E sávok által határolt hőmérsékleti értékek és a fejlődési ráta között lineáris kapcsolat áll fenn (Campell és munkatársai 1974, Trudgill és munkatársai 2005).

Állandó hőmérsékleteken alapuló laboratóriumi vizsgálatok alapján meghatározott alsó fejlődési küszöbhőmérséklet pontossága nagyban függ a neveléshez használt hőmérsékletek számától, legalább öt javasolt. Bár Urra és Apablaza (2005) a *Copitarsia decolora* (Noctuidae, Lepidoptera) fejlődési idejét és biológiai nullpontját mindössze három állandó hőmérsékleten való nevelés alapján határozták meg sikeresen. Továbbá befolyásoló tényező lehet a hőmérsékletek elhelyezkedése az alsó és felső fejlődési küszöbhőmérsékletekhez képest. Természetesen minél közelebb esnek egymáshoz, annál pontosabb a mérés (Bergant és Trdan 2006).

A biológiai nullpontot, vagyis az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet (lower development threshold – LDT) és az effektív hőösszeget (sum of effective temperatures – SET) számos ízeltlábú fajnál megmérték és kiszámolták. Ilyen adatokra alapozva Honěk (1996) 335 rovar faj esetén végzett elemzést. Kizárólag olyan adatokat vizsgált, ahol legalább négy állandó hőmérsékleten végeztek méréseket 28 °C alatt. Megállapította, hogy a magasabb LDT értékhez alacsonyabb SET érték tartozik a trópusi fajok esetén, mint a mérsékelt égövi fajknál.

A következőkben néhány vizsgálatot, mérést ismertetek, amelyek módszereit felhasználtam a saját munkám során.

McDonald és munkatársai (1998) a hőmérséklet fejlődésre gyakorolt hatását nyugati virágtripsznél (*Frankliniella occidentalis*) vizsgálták. A tripszeket krizantém virágokon 20 °C-on tartották fenn. Négy nőtény került egy üvegbe, hőmérsékletenként 20 üveget helyeztek el. Hat standard hőmérsékleten dolgoztak 10 és 35 °C között. Naponta ellenőrizték az üvegeket, feljegyezték az első lárvastádiumot, az előbábót, a bábót és az imágót.

A fejlődési időből ([nap]) fejlődési rátát ([1/nap]) számoltak, majd a fejlődési rátát a hőmérséklet függvényében ábrázolták fejlődési stádiumonként. A pontokra lineáris regressziós egyenest illesztettek, majd a kapott egyenlet alapján kiszámolták a biológiai nullpontot (alsó fejlődési küszöbérték; LDT) és az effektív hőösszeget (SET).

$y = a + bx$  (regressziós egyenes egyenlete)

$(x_0; y_0)$  – a regressziós egyenes egyenletének egy pontja

$b$  – meredekség

$a$  – konstans, amelyre teljesül  $a = y - bx$

**LDT =  $-a/b$**

LDT – alsó fejlődési küszöbérték

$a$  – konstans

$b$  – meredekség

**SET =  $1/b$**  (Honěk 1996, McDonald és munkatársai 1998, Li 1998)

SET – effektív hőösszeg

$b$  – meredekség

A fejlődési ráta lineárisan növekedett a hőmérséklet emelkedésével. 35 °C-on 96 %-os volt a lárvamortalitás, így sikertelen volt a nevelés ezen a hőmérsékleten. Egy nemzedék kifejlődéséhez 268 nap °C szükséges 7,9 °C alsó fejlődési küszöbhőmérséklet felett. A laboratóriumi mérések alapján számolt értéket 9 éves szabadföldi adatok alapján tesztelték (Nagy-Britanniában). Megállapították, hogy három-öt nemzedéke fejlődhetett ki a fajnak ezen időszakban szabadföldön (McDonald és munkatársai 1998).

Murai (2000) a hőmérséklet hatását vizsgálta a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) fejlődésére és reprodukciós tevékenységére. A neveléshez szükséges imágókat szabadföldről gyűjtötte be (Japán, Shimane), elkülönítette a nőtényeket és  $20 \pm 1$  °C-on tartotta őket. A mesterséges táplálékforrás tea pollen és 10 % méz keveréke volt. A tojásokat petricsészébe (50 db/petricsésze) rakta, és öt állandó hőmérsékleten (15, 20, 23, 25 és 30 °C) nevelte ki a dohánytripsz egy-egy nemzedékét. Hőmérsékletenként négy petricsészét használt fel. 12 óránként ellenőrizte és jegyezte fel a fejlődési állapotot. Tojást, első és második lárvastádiumot, előbáb- és báb-ot különített el. Hőmérsékletenként több mint 20 egyedet tesztelt (27–38). A fejlődési időből (nap) fejlődési rátát számolt, majd ezekre lineáris regressziós egyenletet illesztett, mint McDonald és munkatársai (1998). Tapasztalatai alapján a tojások 80 %-a kelt ki 15 és 25 °C között, 30 °C-nál alacsonyabb volt ez az érték. A túlélési ráta a keléstől az imágók

kifejlődéséig minden hőmérsékleten 65 % feletti volt. A hőmérséklet emelkedésével egyenes arányban nőtt a fejlődési ráta. A becsült fejlődési idő 232,6 nap °C volt 10,8 °C fejlődési küszöbhőmérséklet felett. A szabadföldi tesztelést 8 éves adatsoron végezte. Ez alapján megállapította, hogy Japánban (Kurashiki) ez idő alatt 7–11 nemzedéke fejlődött ki a fajnak évente. A hőmérséklet emelkedésével az imágók átlagos élettartama csökkent.

Ohta (2001) a nyugati virágtripsszel (*Frankliniella occidentalis*) táplálkozó ragadozó poloska (*Orius strigicollis*) fejlődését vizsgálta különböző hőmérsékleteken (15, 20, 25, 30 és 33 °C). Megállapította, hogy a fejlődési ideje a tojás és a nimfa stádiumoknak csökkent a nevelési hőmérséklet növelésével, de a tojás fejlődési ideje 30 és 33 °C-on megközelítőleg egyenlő volt. Az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet és az effektív hőösszeget számolta ki a tojás (11,5 °C; 57,5 nap °C), nőtény nimfa (11,0 °C; 158,7 nap °C) és hím nimfa (10,6 °C; 166,7 nap °C) esetén. 19-26 egyedet vizsgált hőmérsékletenként. A kelés 90 % fölötti volt, kivéve 33 °C-nál, ahol 80,1 % volt.

Gotoh és munkatársai (2004) a hőmérséklet hatását egy ragadozó atka, az *Amblyseius californicus* (Phytoseiidae) fejlődésmenetén vizsgálták 15–35 °C között (5 hőmérsékleten). 10,3 °C az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet, és 86,2 nap °C a fejlődési ideje a fajnak. Tojásrakást még 37,5 °C-on is megfigyeltek, azonban lárvák nem keltek ki ezen a hőmérsékleten. 40 °C-on már nem raktak tojást.

Révész (2002) egy munkájában egy új hőösszeg-számítási modellt vezetett be, amelynek alapját az képezte, hogy a kártevők és a hőmérséklet kapcsolata nem lehet lineáris. Munkájában az aktivitási görbét matematikai leírással javasolja a régi tapasztalati, mérésekre alapozott aktivitási görbék helyett. A modelljét a vetési bagolylepkére (*Agrotis segetum*) dolgozta ki. A rovarok esetén nemcsak alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet, hanem egy felső határt is figyelembe vett. A második fontos változtatás, hogy nem a napi átlag hőmérséklettel dolgozott, hanem óránkénti értékekkel.

## 2.8. Automatizált rovarcsapdák

Schouest és Miller (1994) gyapotban, a *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) fajt monitorozták egy automata szexferomon csapdával. A meteorológiai adatokat is rögzítették, amelyeket a farmon elhelyezett számítógépre továbbítottak egy telefon modemmel. A csapda egy elektronikus csapda volt, a MultiPher (MP) Type 3 csapdát módosították e faj fogására. Egy mikrofon segítségével számlálták a csapdába eső egyedeket.

Petitt és munkatársai (1996) szintén egy automata rendszert használtak a *Liriomyza sativae* és *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) lárvája gyűjtésére és számlálására. E fajokat az *Opius dissitus* parazitálja. Céljuk a parazita monitorozása volt. EGPIC rendszert (EGPIC – electronic grain probe insect counter system) használták, amely a szenzoron átesett egyedeket számlálja (Litzkow és munkatársai 1997). Arbogast és munkatársai (2000) szintén ezt a rendszert használták monitorozásra tárolt zabban. Hetente gyűjtötték be és határozták meg a fogott fajokat. A gép fejlesztésével a raktározott termények védelmének könnyebb tervezését célozták meg (Shuman és Epsky 2001, Epsky és Shuman 2001). Toews és munkatársai (2003) a *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Laemophloeidae) faj monitorozását végezték manuális, valamint ugyanezzel az elektronikus csapdával.

Ho és munkatársai (1997) a *Tribolium castaneum* megfigyelésére fejlesztett ki egy személyi számítógéphez csatlakozó csapdatípust. A csapdázott egyedeket a súlyváltozás alapján „számlálta” a számítógép.

Jiang és munkatársai (2008) csapdájában az újítást egyrészt a GSM rendszeren keresztül küldött adatok jelentették, valamint egy két szenzoros számlálást biztosító egység. A vizsgálni kívánt rovarnak, esetükbe a *Bactrocera dorsalis* (Hendel) fajnak, mindkét szenzoron át kellett haladnia ahhoz, hogy az adatot figyelembe vegye a rendszer.

A United States Patent adattárában számos különböző kisebb-nagyobb mértékben automatizált rovarcsapdát találhatunk, amelyet többnyire nem növényvédelemben való felhasználásra szabadalmaztattak. Zhou és munkatársai (1988) az elektromos sokkoláson alapuló, ezzel természetesen a rovar elpusztító csapdát fejlesztett. Elsősorban csótány ellen. Garro (1994) szintén ezt a csoportot célozta meg, hasonló elven működő vizes csapdával, valamint Garretson (1996) infravörös sugárzáson alapuló automatizált csapdájával is. De itt található az EGPIC rendszer is (Litzkow és munkatársai 1997). Liu és Haynes (1993) által fejlesztett készülék már alkalmas különféle rovarfajok rajzás és aktivitás vizsgálatára. Ez egy időzítő segítségével automatikusan változtatja a tengelye körül egy tálca helyzetét, így követhető, hogy melyik időszakban fogta az egyedeket a csapda. A csalogatóanyag feromon volt.

Számos rovarkövető készüléket humán egészségügy szempontjából fontos csípőszúnyogok (moszkítók) ellen fejlesztettek ki. Ilyen eszköz például az OIC, egy optikai rovarszámláló, amelyet különböző illatforrások tesztelésére fejlesztettek ki, azért, hogy különböző csalogató és repellens anyagok hatását vizsgálhassák a csípőszúnyogok (moszkítók) esetén (Hoffmann és munkatársai 2010).



### 3. Anyag és módszer

Megfigyeléseimet egy tradicionális málnatermesztő körzetben, Berkenyén (Nógrád megye), a Berkenye Faluszövetkezet tulajdonában álló *Autumn Bliss* és *Fertődi zamatos* málnafajtájú ültetvényben végeztem 2006–2010 között.

#### 3.1. A málnavessző-szúnyog imágók aktivitásvizsgálata

##### 3.1.1. Nőstények aktivitásvizsgálata

###### *A vizsgálat menete és módszere*

A nőstények aktivitását mesterségesen sebzett sarjak módszerével (Gunn és Foster 1978) követtem. Egy késsel 10 cm hosszú bevágást ejtettem a sarjon, majd az epidermiszt elválasztottam az alatta lévő szövetektől, így tojásrakásra alkalmas seb alakult ki a növényen. A bevágáskor a sarjakat szigetelőszalaggal jelöltem meg. Az eddigi irodalmi adatok alapján a növényt alsó 50 cm-es zónájában sebeztem meg. A megsebzett sarjakat a lerakott tojások számának megállapításához meghatározott időközönként kivágtam az ültetvényből. Amennyiben a kivágás után a sarjakat nem tudtam közvetlenül értékelni, a sarjnak a sebzést tartalmazó részét (4. ábra) lezárt nylon zacskóban tároltam leszámolásig, így megvédtem a kiszáradástól.

A tojásrakás idejének megállapításához szükséges sarjvizsgálatot az ültetvényen belül véletlenszerűen kiválasztott sorokban végeztem.



4. ábra. Mesterségesen sebzett sarjak sebzést tartalmazó része (Fotó: Sipos Kitti)

A vizsgálat két fő részből állt:

1. 2007. július 13–július 15. között naponta, a nappali órákban zajló tojásrakási időszak megállapításához 9-20 óra között minden egész órában megsebeztem 20 sarjat, majd egy óra elteltével kivágtam ezeket, és megszámláltam a lerakott tojásokat. Ebben a vizsgálatban minden sarj egy órát volt az ültetvényben a sebzést követően. Így képet kaptam a tojásrakási időszakról. Ezt megismételtem 2007. augusztus 3–6. között is, valamint 2008-ban (1. táblázat) ekkor azonban már csak tíz sarjat vizsgáltam óránként.
2. Ezt követően kizárólag a délutáni-esti órák tojásrakási ritmusát figyeltem meg. Délután közel azonos időben (17:35–17:50 óra között) sebeztem meg sarjakat, amelyekből 60, 90, 120, 150 és 180 perc múlva vágtam ki 10 sarjat. Ennek kiegészítésére 2007. július 17-én, július 18-án és július 20-án 17:30–20:30 óra között 30 percenként megvágtam 10 sarjat, melyeket 30 perc elteltével kivágtam és megnéztem a lerakott tojások számát.

### ***A sebzett sarjaknak a nőstényekre gyakorolt csalogató hatásának vizsgálata***

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, mennyi ideig bocsát ki a növény a nőstények számára vonzó illatot, vagyis mennyi idő alatt záródik a sebzés. Ehhez reggel azonos időben megsebzett sarjakat használtam, amelyekből óránként meghatározott mennyiséget kivágtam. A vizsgálat 8-21 óra között zajlott.

2007 júliusában reggel 9–10 óra között megsebeztem 220 sarjat, amelyből óránként 20 sarjat eltávolítottam a sorból, és sztereomikroszkóp alatt megszámláltam a tojások számát. Az augusztusi vizsgálatkor, valamint a 2008-ban elvégzett ismételt vizsgálatok során már csak óránként 10 sarjjal dolgoztam, melyeket reggel 7-8 óra között sebeztem meg (1. táblázat).

A vizsgálatok jellegéből adódóan segítségre volt szükségem a munka pontos elvégzéséhez (Hári Katalin, Fejes-Tóth Alexandra, Balogh Fanni, dr. Markó Márton, Varga Erzsébet).

## 1. táblázat

A nőtények aktivitásának felméréséhez elvégzett sarjvizsgálatok ideje

Vizsgálatok ideje	
2007	2008
július 13.	május 9.
július 14.	május 11.
július 15.	június 16.
július 17.	június 20.
július 18.	június 23.
július 20.	augusztus 11.
augusztus 3.	augusztus 13.
augusztus 4.	augusztus 21.
augusztus 5.	
augusztus 6.	

## 3.1.2. Hímek aktivitásvizsgálata

*Delta típusú szexferomon csapda*

A hímek aktivitását a kereskedelmi forgalomban lévő delta típusú szexferomon csapdával (AgriSense Ltd.) követtem. A szexferomon csapda egy fehér színű deltacsapda, alsó részében, vízszintesen egy 20 x 20 cm-es ragacslappal. A lap felett középen a csapda tetejére felfüggesztett kapszula található (5. ábra).

2007-ben egy-egy nemzedék tömeges rajzásakor végeztem napi aktivitás vizsgálatot. A megfigyeléshez négy csapdatestet, egymástól körülbelül 30 m-es távolságban az ültetvény (Berkenye, *Autumn Bliss*) közepén, a támrendszerhez 50 cm magasságban rögzítettem.

Minden vizsgálati napon új ragacslapokat tettem a csapdába. A megfigyelési napok július 13., július 14., július 15., augusztus 3., augusztus 4., augusztus 5. és augusztus 6. voltak. Ezekén a napokon reggel 8 órától este 20 óráig követtem a rajzást, kivétel az első nap, amikor 17 órakor olvastam le utoljára a csapdák fogását, majd másnap reggel.



5. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) szexferomon csapda (AgriSense Ltd.)  
(Fotó: Dr. Markó Márton)

### ***Az automatizált rovarcsapda***

Az automatizált szexferomon rovarcsapdával, amelynek kitalálója Dr. Markó Márton (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont), tervezője és kivitelezője Madár Sándor (Madomat Kft.) volt, a hímek napi aktivitását mértem fel. A készülék folyamatos követést tett lehetővé. A csapdában az AgriSense Ltd. által forgalmazott málnavessző-szúnyog szexferomon kapszulát használtam.

A rovarcsapda része egy számítógépes rendszer és egy kamera (6. ábra). A számítógépes egység vízzigetelt dobozban kapott helyet. A kamera időzíthető, így előre beállítható időben (óránként, naponként, hetenként stb.) készít képet a ragacslapra ragadt egyedekről, majd az adatokat elmenti saját memóriájába. A meteorológiai állomás egy külső és belső hőmérséklet- valamint páratartalom mérő, egy légnyomásmérő, egy szélmérő és egy csapadékmérő szenzor részekből áll. A készülék a mentett képeket és a begyűjtött meteorológiai adatokat egy központi szerverre továbbítja internetes kapcsolaton keresztül. A működéshez szükséges energiát napelem szolgáltatja, amelyet akkumulátor tárol, így külső áramforrásra nincs szükség az üzemeltetéséhez.

Az eszközrendszer egy talajba süllyeszthető állványzaton rögzített, a napelem az állványzat csúcsán, a szélmérő és a csapadékmérő pedig a függőleges főtengelytől 50–50 cm-re kilógó keresztrúdon helyezkedik el, így bármilyen irányból érkező csapadék felfogására alkalmas. A saját állvány lehetővé teszi, hogy szinte bármilyen kultúrában (támrendszeres vagy támrendszer nélküli, kertészeti vagy szántóföldi kultúrában, szabadföldön vagy növényházban) használható. A főtengelyen kapott helyet egy két oldalán nyitott doboz, amelyben a szexferomon kapszula, a ragacsos fogófelület, továbbá a kamera a hozzá tartozó, az éjszakai felvétel

készítéséhez szükséges megvilágító egységgel található. A rovarcsapda háza különböző magasságokban rögzíthető az állványzathoz, így különböző vertikális szinteken repülő rovarok csapdázására használható (0–3 m).

A kísérletemben a csapdaházat úgy rögzítettem az állványzathoz, hogy a szexferomon kapszula megközelítőleg 50 cm-es magasságban legyen.



6. ábra. A meteorológiai állomással kombinált automatizált szexferomon rovarcsapda  
(Fotó: Sipos Kitti)

A készüléket 2008-ban telepítettem ki egy *Fertődi zματος* ültetvénybe (Berkenye), ahol közel egy hónapig üzemelt május 9–június 26. között. Ez tesztelési időszak volt, sajnos nem folyamatosan rögzítette az adatokat.

2009-ben májustól október elejéig *Autumn Bliss* ültetvényben (Berkenye) üzemeltettem. A területen két rovarölő szeres kezelést végeztek (május 3-án és május 15-én) *cipermetrin* hatóanyagú Cyper készítménnyel.

A ragacslapokat megközelítőleg hetente (2. táblázat), a szexferomon kapszulát havonta cseréltem. A készülék által, a ragacslapról óránként rögzített képeken számoltam meg a lapra ragadt hímeket.

## 2. táblázat

A ragacslap cserék időpontja az automatizált rovarcsapdában (2009)

A ragacslap cserék időpontjai					
2009.04.19.	2009.05.04.	2009.06.06.	2009.07.02.	2009.08.06.	2009.09.04.
2009.04.24.	2009.05.15.	2009.06.09.	2009.07.09.	2009.08.13.	2009.09.09.
2009.04.28.	2009.05.21.	2009.06.11.	2009.07.15.	2009.08.19.	2009.09.16.
	2009.05.28.	2009.06.18.	2009.07.23.	2009.08.27.	2009.09.25.
		2009.06.25.	2009.07.30.		2009.09.30.

## 3.2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása

## 3.2.1. A málnavessző-szúnyog nevelése állandó hőmérsékleten

A biológiai nullpont meghatározásához öt állandó hőmérsékleten (18 °C, 20 °C, 23 °C, 25 °C és 30 °C) neveltem ki a málnavessző-szúnyog egy-egy nemzedékét. Minden esetben egyidős tojásokat helyeztem a klímaszekrénybe, amelyeket szabadföldről gyűjtöttem be.

A tojások begyűjtése mesterségesen sebzett sarjak módszerével történt. A sebzéseket 16–17 óra között végeztem el, hőmérsékletenként 100–200 sarjon, majd ugyanazon a napon 20 óra után kivágtam a megsebzett sarjakat és a sebzést tartalmazó részt laboratóriumba szállítottam. A tojásokat tartalmazó, nagyjából 10 cm hosszú sarjdarabokat zárható műanyag edénybe helyeztem egy vízzel nedvesített (180 µl) papírlapra. Ez utóbbi biztosította a megfelelő páratartalmat és nedvességet a sarjaknak és a fejlődő lárváknak. A műanyag edényt klímaszekrénybe (SANYO Versatile environmental test chamber MLR-352H) helyeztem, és naponta (24 óránként) ellenőriztem és jegyeztem fel a fejlődési stádiumokat. Amíg a lárvák a sarjakon táplálkoztak, nem tudtam elkülöníteni őket, így csak a tömeges lárvakelés idejét határozhattam meg. Azonban a sarj elhagyása után elkülönítettem a vesszőt elhagyó kifejlett lárva (előbáb), a báb és az imágó fejlődési stádiumokat.

A sarjak elhagyását követően, vagyis amikor szabadföldi körülmények között a kifejlett lárvák a talajra esnek, és leássák magukat, egyesével Eppendorf-csövekbe helyeztem át a lárvákat egységes méretű, 75 µl vízzel nedvesített papírra. A felvételezés az imágók elpusztulásáig zajlott, de a biológiai nullpont meghatározásához a teljes nemzedék esetén az imágók kifejlődésének napját használtam, mert az eddigi irodalmi adatok alapján az imágók

kifejlődésüket követően azonnal párosodnak és ezt követően a nőtények lerakják tojásaikat a sarjak sebzéseibe.

### 3.2.2. A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása

Az öt különböző állandó hőmérsékleten zajlott nevelési kísérlet eredményeként rendelkezésre állt a tojások, a lárvák, az előbáb (vesszőt elhagyó kifejlett lárvá), a báb és az imágó fejlődési stádiumok fejlődéséhez szükséges napok száma. A kapott értékek alapján kiszámoltam az átlagos fejlődési időt [nap] az előbb felsorolt fejlődési stádiumokra vonatkozóan. A fejlődési időből fejlődési rátát ( $[1/\text{nap}]$ ) számoltam, majd a fejlődési rátát a hőmérséklet függvényében ábrázoltam fejlődési stádiumonként. A pontokra lineáris regressziós egyenest illesztettem, majd a kapott egyenlet alapján kiszámoltam a biológiai nullpontot (alsó fejlődési küszöbérték; LDT) és az effektív hőösszeget (SET).

$$y = a + bx$$

$$\text{LDT} = -a/b$$

$$\text{SET} = 1/a \text{ (Honěk 1996, McDonald és munkatársai 1998, Li 1998)}$$

A kártevő tömeges rajzásának előrejelzéséhez a bábstádium biológiai nullpontja szükséges, mert a kártevő kifejlett lárvaként tölti a telet a talajban. Vagyis az első nemzedék tömeges rajzására a bábstádiumnál kiszámolt effektív hőösszeg elérése után számíthatunk.

### 3.3. A málnavessző-szúnyog hímek monitorozása szexferomon csapdával

A laboratóriumi mérések alapján kapott értékek szabadföldi mérések alapján történő teszteléséhez 2006–2010 között szabadföldi rajzásmegfigyeléseket végeztem egy berkenyei málnaültetvényben.

A hímek rajzását hagyományos szexferomon csapdával követtem. A csapdatestet 50 cm magasságban a támrendszerhez rögzítettem, egymástól kb. 30 m-es távolságban az ültetvény közepén. Minden évben két-két csapdatestet helyeztem ki *Autumn Bliss* ültetvénybe Berkenyén. A rovar rajzását áprilistól szeptember végéig–október elejéig követtem.

A ragacslapokat hetente, a kapszulákat havonta cseréltem a csapdákbán. A fogások leolvasása hetente történt. A ragacslapokra ragadt rovarokat sztereomikroszkóp segítségével azonosítottam.

### **3.4. Hőmérsékleti adatok mérése szabadföldön**

A hőösszeg-számításhoz egy automata talaj-és léghőmérővel (TGP-4510) minden vizsgálati évben (2006–2010.) félóránként mértem, és rögzítettem a hőmérsékleti adatokat a berkenyei ültetvényben. A talajhőmérő szenzorát 10 cm mélyen a talajba szúrtam, míg a léghőmérőt 50 cm magasságban a támrendszerhez rögzítettem. Az adatokból 24 órás átlagot számoltam. 2009-ben sajnos a hőmérőt eltulajdonították, így csak június 30-ig rendelkezem hőmérsékleti adatokkal.

A málnavessző-szúnyog alsó fejlődési küszöbhőmérséklet feletti napi átlag talajhőmérsékletet és léghőmérsékletet összegeztem az első nemzedék tömeges repülésének előrejelzéséhez.

### **3.5. Statisztikai módszerek**

A hagyományos szexferomon csapdák, valamint az automatizált szexferomon rovarcsapda fogási adatait Paired Sample Test alapján értékeltem az SPSS programcsomaggal.



## 4. Eredmények

### 4.1. A málnavessző-szúnyog imágók aktivitása

#### 4.1.1. Nőstények aktivitása

2007–2008. között végeztem ezirányú megfigyeléseket mesterségesen sebzett sarjak módszerével. Igyekeztem olyan napokat kiválasztani, amikor a szexferomon csapdás rajzásfigyelés alapján nagyobb számban repültek hímek, mert az irodalmi adatok alapján a két nem aránya közel egyenlő. Az első napokat 2007-ben július második felében választottam, mert a hímek száma növekvő tendenciát mutatott a csapdákból. 2007. július 4–11. között 315 hím/csapda, míg 2007. július 11–18. között 410 hím/csapda volt az átlagos fogás. Sajnos az ezt követő időszakban (2007. július 18–25.) csökkent a hímek száma (259 hím/csapda).

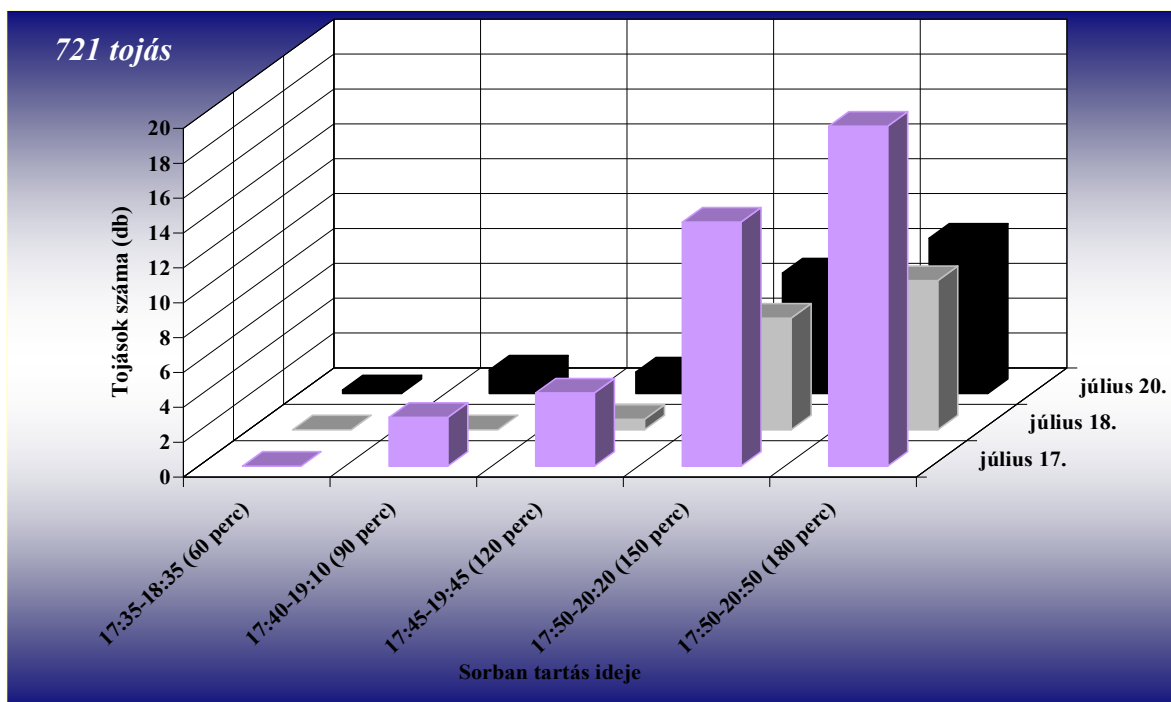
**2007. július 17–18-án és július 20-án** végzett esti vizsgálatok eredményeit a 7. ábrán tüntettem fel.

A három napon, a 17:30–18:30 óra között megvágott sebzésekbe a nőstények sötétedésig petéztek, összesen 721 tojást raktak le. A tojást tartalmazó sebzések száma és a lerakott tojások száma fokozatosan emelkedett az este folyamán.

Július 17-én 391 tojást raktak le a nőstények. A 60 perces sarjakon, vagyis a megvágást követően 60 perc elteltével kivágott sarjakon, még nem, de ezt követően minden kivágásnál találtam tojásokat. A 90 perces sarjak 40 %-án, a 120 percesek 50 %-án, a 150 percesek 78 %-án, míg a 180 percesek 100 %-án volt pete.

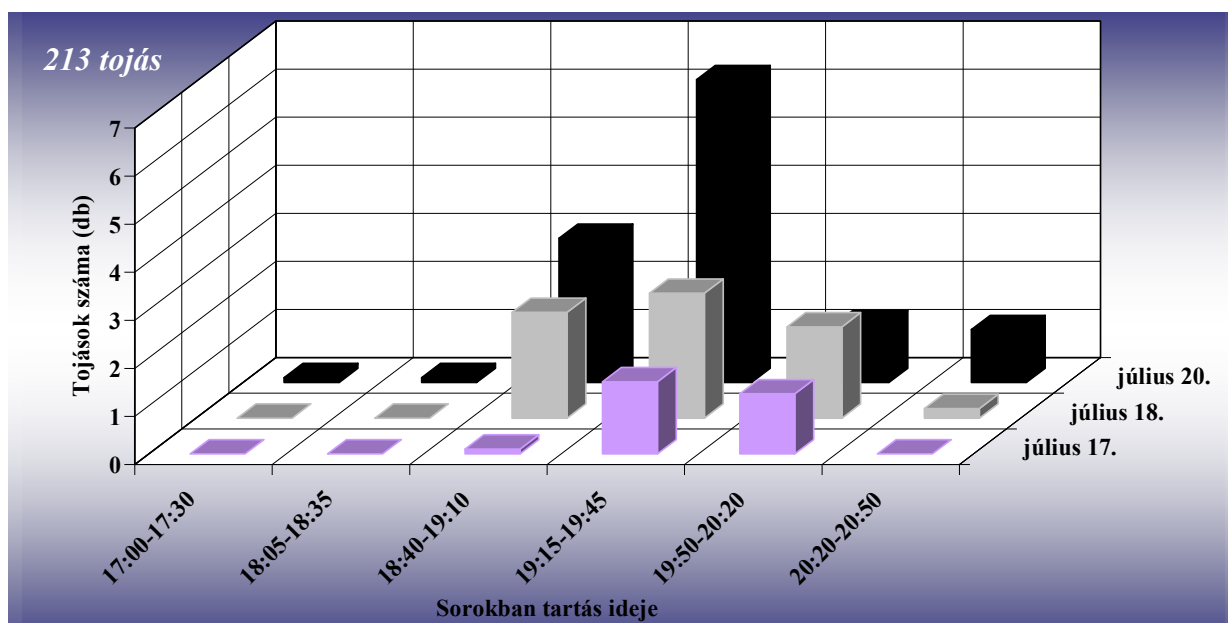
Július 18-án már csak 147 pete volt a sarjakon a következő eloszlásban. Az első tojások a 120 percesek 30 %-án voltak, majd ezt követően a 150 percesek 60 %-ára, és a 180 perces sarjak 78 %-ára (kilenc sebzett sarjat találtam meg) petéztek.

Július 20-án már a 60 perces sarjakon (20 %) is volt tojás. A 90 perces sarjak 44,4 %-án (kilenc sebzett sarjat találtam meg), a 120 percesek 22,2 %-án, a 150 percesek 90 %-án, és a sötétedéskor kivágott növények 80 %-án találtam tojást. Ezen a napon 183 tojás volt a sebzésekben.



7. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstény imágók esti aktivitása mesterségesen sebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2007. július)

Júliusban az esti tojásrakási vizsgálat során úgynevezett „30 perces” sarjakra lerakott tojásokat is követtem a pontos tojásrakási idő behatárolására. Megállapítottam, hogy 18:30 óra után kezdődött, és még a 20:30 és 21:00 óra között is tartott a tojásrakás. Bár sötétedés előtt a számuk jelentősen csökkent. A legtöbb tojást 19:14–19:44 óra között találtam (8. ábra).



8. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstény imágók tojásrakási időszaka mesterségesen sebzett sarjakra rakott tojások alapján (Berkenye, 2007. július)

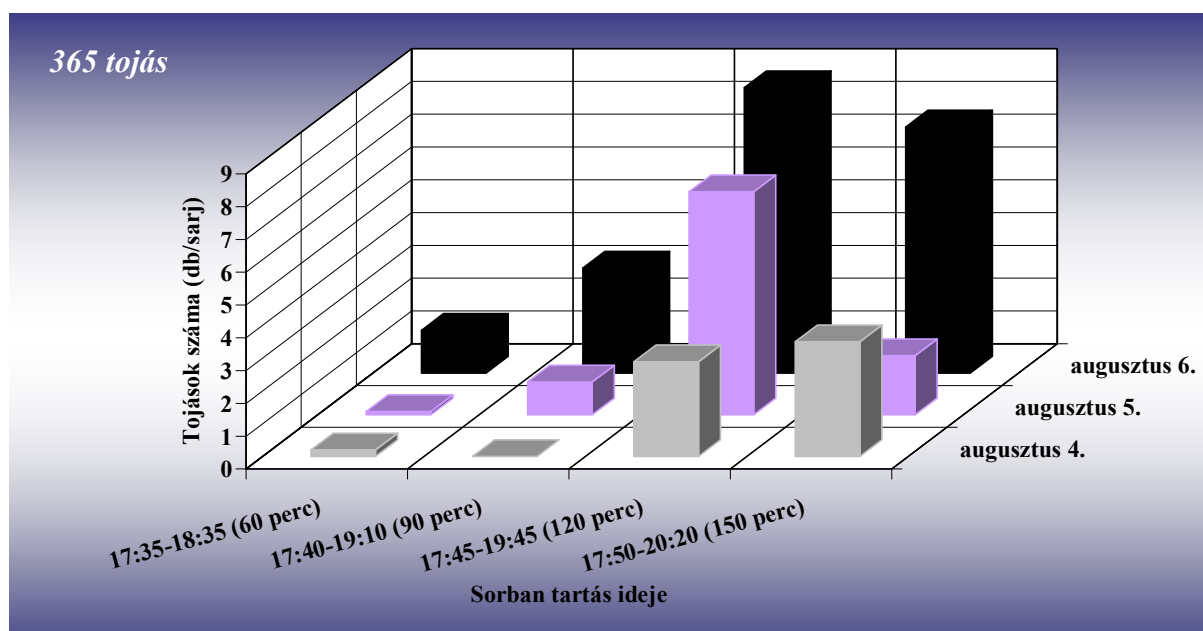
**2007. augusztus 4–6.** között megismételt megfigyelés eredményét a 9. ábrán tüntettem fel. A három napon összesen 392 (81, 97, és 214) tojást raktak a nőstények a vizsgálat idején, amely jelentősen elmaradt a júliusi megfigyelések alatt rakott peték számától. Ez feltehetően összefüggésben van a hímek rajzásával. A szexferomon csapda fogása a vizsgálati napokat megelőző hetekben emelkedett, azonban ezeken a napokon ismét visszaesett a fogott hímek száma (július 25–augusztus 1. 316 hím/csapda, augusztus 1–8. között 230 hím/csapda, az ezt következő héten már csak 150 hím/csapda volt a fogás).

Augusztusban is, júliushoz hasonlóan a 17:30–18:30 óra között megvágott sebzések nem száradtak ki, a nőstények sötétedésig raktak tojást ezekre a helyekre. A tojást tartalmazó sebzések és a lerakott tojások száma fokozatosan emelkedett a sötétedést megelőző fél óráig. Ekkor már jelentősen csökkent az aktivitás.

Augusztus 4-én az első fél órában nem raktak petét a nőstények. A 60 és 90 perces sarjak 10 %-án, a 120 perces sarjak több mint felén (55,5 % – kilenc sarjat találtam meg), míg a 150 percesek 30 %-án volt tojás.

Augusztus 5-én a 60 perces sarjak 10 %-án, a 90 percesek 30 %-án, a 120 percesek 40 %-án, míg a 150 percesek 20 %-án volt tojás.

Augusztus 6-án már az első fél órában megindult a tojásrakás, a sarjak 20 %-án volt. A 60 percesek 30 %-án, a 90 perces sarjak 50 %-án, a 120 perces csoportban volt a legtöbb sarjon (70 %) pete. Az utolsó kivágásnál már kevésbé voltak aktívak, mindössze a 30 %-on volt tojás.



9. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstény imágók esti aktivitása mesterségesen sebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2007. augusztus)

### *A sebzett sarjaknak a nőstényekre gyakorolt csalogató hatásának vizsgálata*

2007-ben délelőtt 9–10 óra között megsebzett sarjakon talált peték száma alapján megállapítottam, hogy a délelőtti órákban keletkezett sebzések nagyon gyorsan kiszáradtak, a nőstények nem találták alkalmasnak tojásrakásra (3. táblázat). A júliusi napokon még elvétve találtam tojást a sarjakon, azonban augusztusban már nem. A sebzések már az átnézés idején erős száradást mutattak. A vizsgálattal párhuzamosan a hímek rajzását is követtem, augusztus 3-  
a kivételével mindegyik nap volt rajzás.

#### 3. táblázat

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) tojások száma mesterségesen sebzett, óránként eltávolított sarjakon (Berkenye, 2007)

Sorokban tartás ideje (óra)	Tojások száma a 20 db sarjon (db)			Tojások száma a 10 db sarjon (db)			
	Júl. 13.	Júl. 14.	Júl. 15.	Aug. 3.	Aug. 4.	Aug. 5.	Aug. 6.
10:00–11:00	1 (1)*	5 (5)*	0	0	0	0	0
10:00–12:00	2 (2)*	0	0	0	0	0	0
10:00–13:00	0	0	0	0	0	0	0
09:30–13:30	0	0	0	0	0	0	0
09:15–14:15	0	7 (7)*	0	0	0	0	0
09:15–15:15	31 (10+21)*	0	0	0	0	0	0
09:00–16:00	0	0	0	0	0	0	0
09:00–17:00	20 (20)*	1 (1)*	0	0	0	0	0

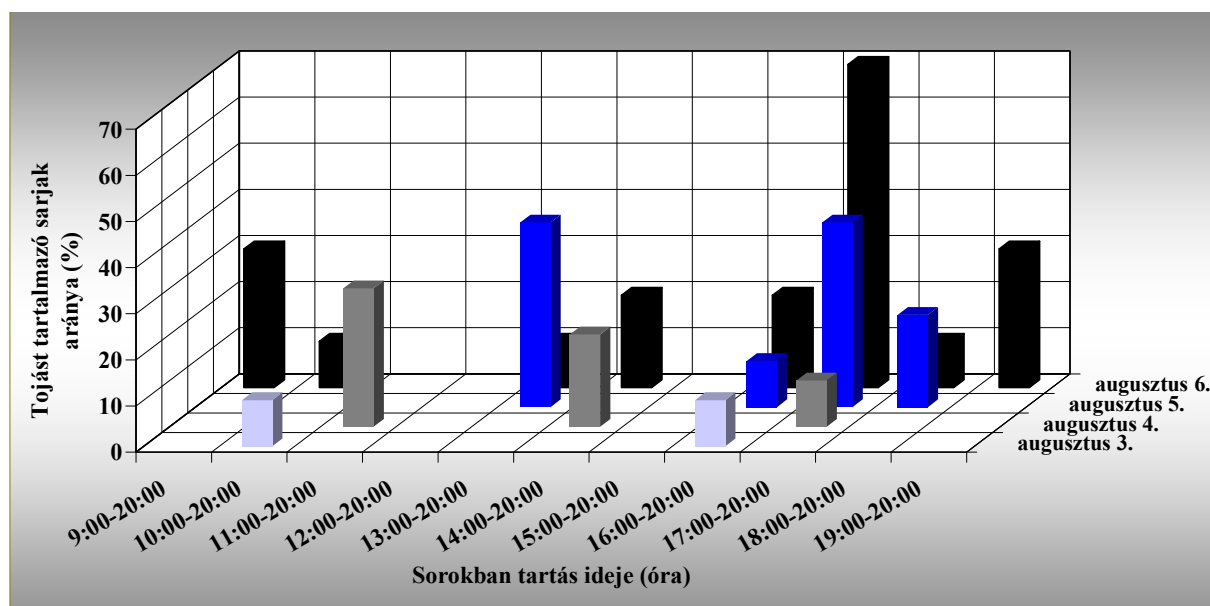
\* A tojások megoszlása a sarjakon.

2007 augusztusában az óránként megvágott, majd este azonos időben eltávolított sarjakra lerakott tojások száma alapján megállapítottam, hogy a nappali órákban keletkezett sebzésekbe elvétve raknak tojást a nőstények (10. ábra, 4. táblázat).

Augusztus 3-án (csapadékos időjárás volt) mindössze két sarjon (délelőtt 10 órakor; valamint 16 órakor sebzett sarjakon) találtam tojást. Ezen a napon a hímek rajzása is leállt.

Augusztus 4-én az esti órákban ismét kedvezőtlen időjárás alakult ki, az esti tojásrakás elenyésző volt.

Augusztus 5-én és augusztus 6-án ismét a délutáni órákban sebzett sarjakon találtam nagyobb arányban tojást (10. ábra, 4. táblázat).



10. ábra. Az óránként 10 cm hosszán, mesterségesen megsebzett, majd 20 órákor kivágott tojást tartalmazó sarjak aránya (Berkenye, 2007. augusztus)

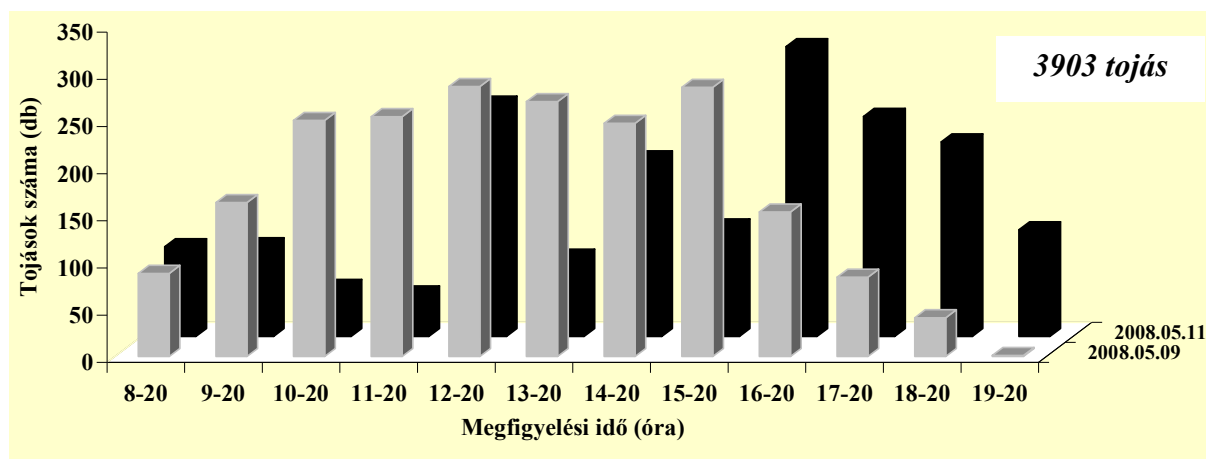
4. táblázat

2007 augusztusában végzett tojásrakási vizsgálat részletes adattáblája (Berkenye, 2007)

Sebzés ideje	2007. 08. 03.	2007. 08. 04.	2007. 08. 05.	2007. 08. 06.
9:00	0	0	0	9 (6+1+2)*
10:00	1 (1)*	0	0	5 (5)*
11:00	0	12 (5+3+4)*	0	0
12:00	0	0	0	0
13:00	0	0	18 (7+6+4+1)*	1 (1)*
14:00	0	64 (56+8)*	0	10 (2+8)*
15:00	0	0	0	0
16:00	17 (17)*	0	2 (2)*	14 (10+4)*
17:00	0	4 (4)*	57 (18+11+27+1)*	93 (9+36+12+14+4+3+15)*
18:00	0	0	46 (34+12)*	1 (1)*
19:00	0	0	0	31 (2+7+22)*

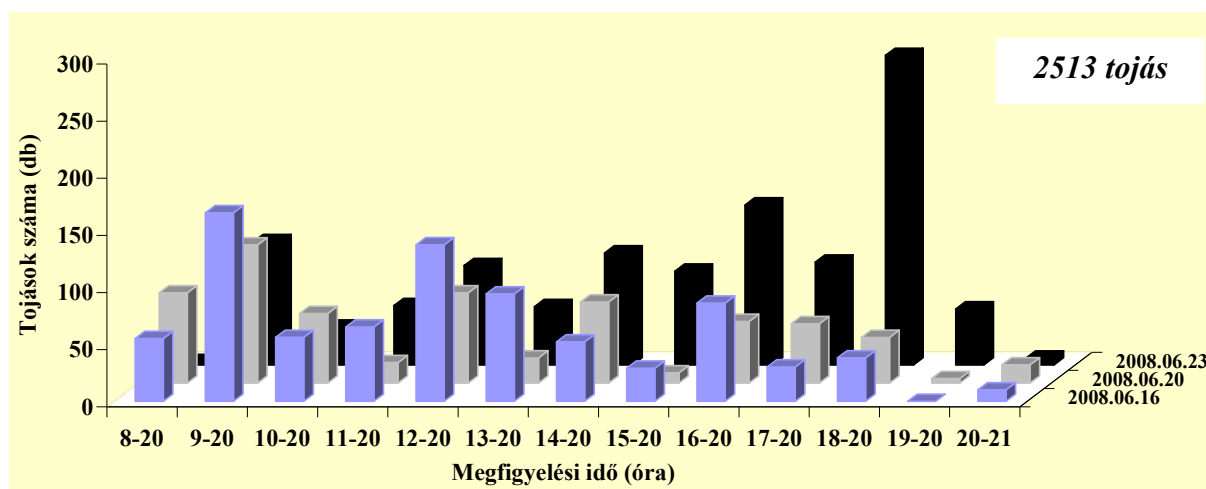
\* A tojások megoszlása a sarjakon.

A következő 3 diagramon (11–13. ábra) az eddig ismertetett vizsgálati napokon óránként megsebzett, majd este azonos időben kivágott sarjakra rakott tojások számát mutatom be. A 11. ábrán a két májusi nap eredményét szemléltettem. Ebben az évben a nap bármely szakában keletkező sebek megőrizték „frissességüket”, vagyis az esti tojásrakási időszakban minden sarjra raktak tojást, kivéve a 19 órakor megsebzett sarjakat. Ez utóbbi csoportnál mindössze egy sebzésben volt pete. Május 9-én 2122, május 11-én 1781 tojást raktak a nap folyamán a nőstények.



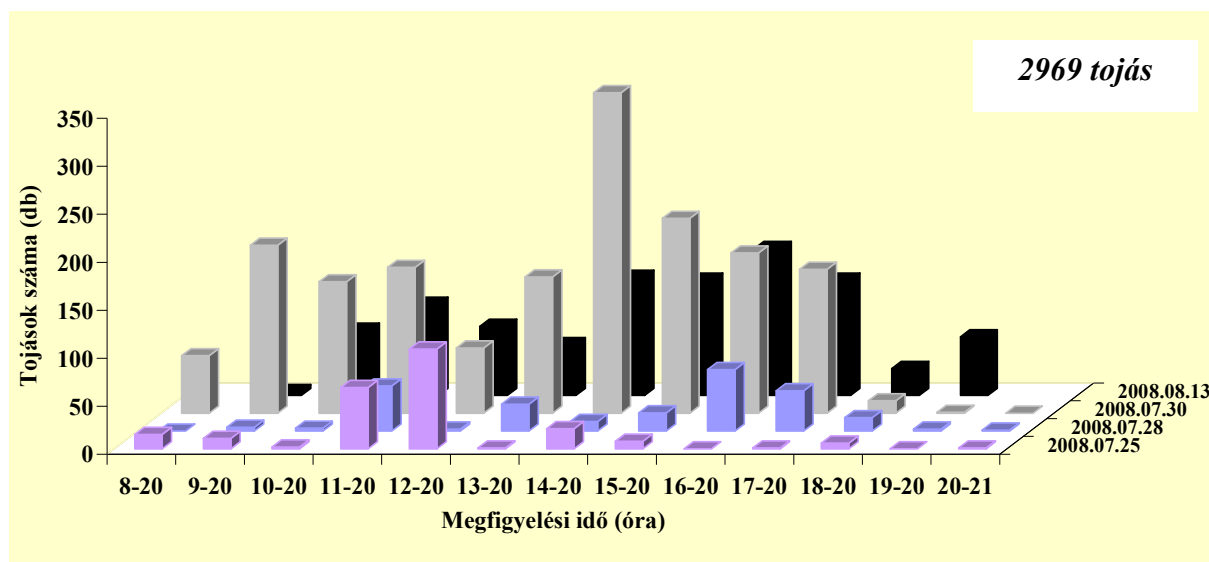
11. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstények napi aktivitása óránként sebzett megsebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. május)

Június 16-án, június 20-án és június 23-án elvégzett vizsgálatok eredményeit a 12. ábrán tüntettem fel. Ezeken a napokon már nem raktak a nőstények olyan nagy számban tojást. Összesen 2513 volt a sebzésekben. Június 16-án 817, június 20-án 626 és június 23-án 1070 volt. Csökkent azon sarjak száma is, amelyekbe petét raktak a nőstények.



12. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstények napi aktivitása óránként megsebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. június)

Július 25-én, július 28-án, július 30-án, valamint augusztus 13-án a tojásrakási kedv csökkent a nap folyamán megsebzett sarjakra (13. ábra). Az első két napon mindössze 234 és 236 petét találtam a sebzésekben, és ezeket is a sarjak kis részére rakták le. Július 30-án már több tojás volt (1602), és a sarjak nagy részén (50 % felett) volt tojás. Bár a tojások száma közel felére esett vissza (897) augusztus 13-án, de ismét a sarjak közel felére rakták le ezeket.



13. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőtények napi aktivitása óránként megsebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. július, augusztus)

#### *A sebzett sarjaknak a nőtényekre gyakorolt csalogató hatásának vizsgálata*

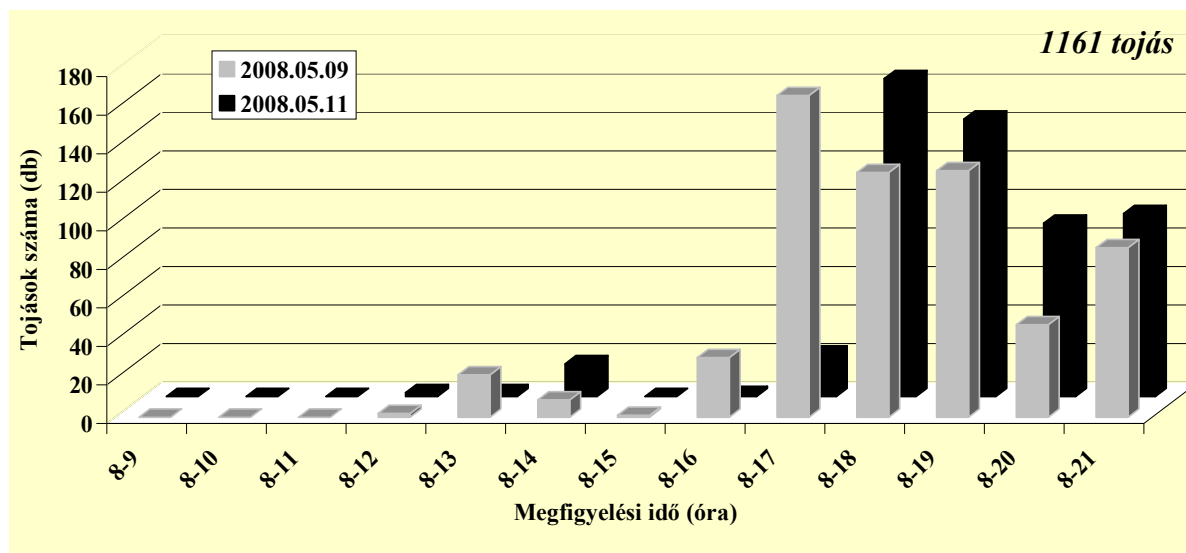
2008-ban megismételtem az előző évi vizsgálatot. Reggel azonos időben megsebzett, majd óránként 10 sarj kivágásával követtem az aktivitást. Összesen 3188 tojást találtam a mesterséges sebzésekben a kilenc nap alatt.

Május 9-én és 11-én 8 és 21 óra között követtem a tojásrakás napi ritmusát. Az első napon 623, a második napon 538 tojást raktak le a nőtények ezekre a sarjakra (14. ábra).

A hímek rajzásmenete alapján május 2–16. között tömeges rajzás volt. Mindkét héten 894,5 hím volt átlagosan a csapdában. Ezt megelőző héten 350,5 hím/csapda, míg utána 351 hím/csapda fogás volt.

Május 9-én a 12–16 óra között kivágott sarjak sebzéseiben elvétele találtam tojást, mindössze a sarjak 10–30 %-án. 17–21 óra között kivágott sarjakon emelkedett a számuk. 17 órakor és 19 órakor kivágott sarjak 100 %-ára, a 18 órai sarjak 90 %-án, a 20 órai sarjak 60 %-án volt tojás. A 21 órai kivágásnál ismét minden vágásban találtam petét.

Május 11-én a tömeges tojásrakás egy órával később, 18 órakor eltávolított sarjakon kezdődött, és ismét 21 óráig tartott. 17 órakor a sebzések 10 %-án, 18, 19 és 20 órakor a 90 %-án, 21 órakor minden sebzésben találtam tojást.



14. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőtényi imágók napi aktivitása a reggel azonos időben sebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. május)

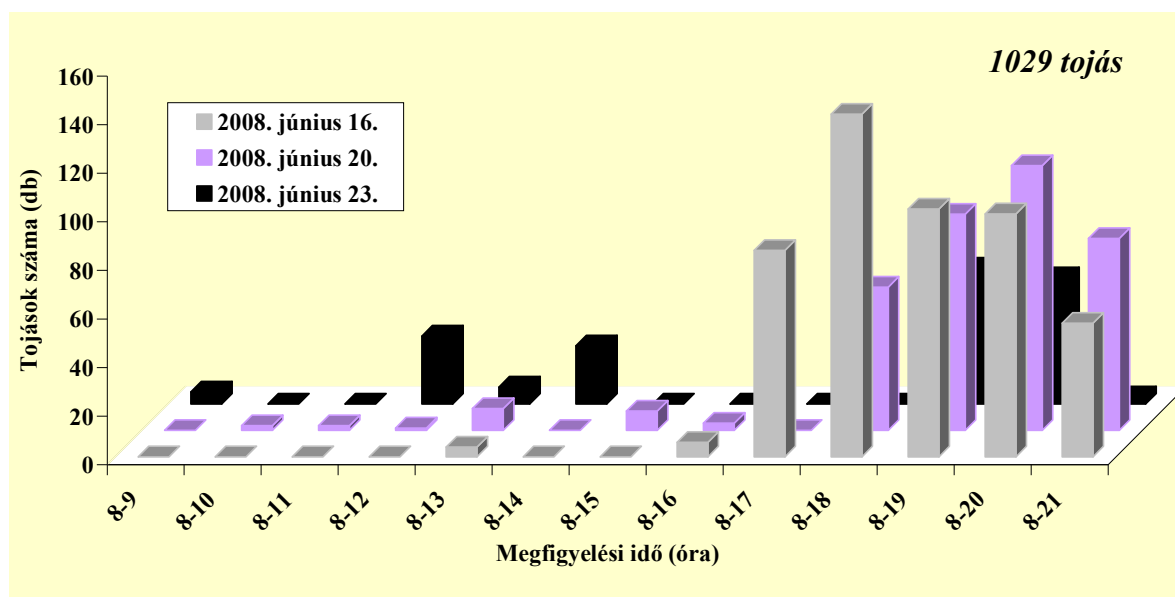
Júniusban a második nemzedék idején 3 napon (június 16-án, június 20-án és június 23-án) végeztem el a megfigyelést. Sajnos a szexferomon csapdák fogásai alapján ismét csökkenő számban repültek a hímek ezeken a napokon. A vizsgálat hetén mindössze 365,5 hím/csapda volt a fogás, míg a megelőző két héten 1161,5 és 854,5 hím/csapda volt. Ezeken a napokon 1029 tojást raktak le a nőtények, 493, 361 és 175 volt az egyes napokon (15. ábra).

Június 16-án a 13 és 16 órai kivágáskor egy-egy sarjon találtam tojást. 17 órakor a sarjak 70 %-án, 18 órakor, 19 órakor és 20 órakor 50 %-án, míg 21 órakor 60 %-án történt tojásrakás.

Június 20-án 10–13 óra között, valamint 16 órakor kivágott sarjakon, óránként egy-egy sebzésben volt pete. Továbbá találtam még két sebzésben tojást a 15 órai sarjakon is. 18 órai kivágástól tapasztaltam a tömeges tojásrakás kezdetét, ekkor még csak a sarjak felén, ezt követően 70 %-án, 20 órakor már minden sarjon volt tojás. A 21 órainál is még a sebzések 60 %-ára történt tojásrakás.

Június 23-án 9 és 12 órakor, valamint 13 és 14 órakor találtam egy-egy sebzésben petét, majd 19 órakor a sarjak 20%-án, 20 órakor 60 %-án. Utolsó kivágáskor egyetlen sebzésben volt tojás.





15. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstény imágók napi aktivitása a reggel azonos időben sebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. június)

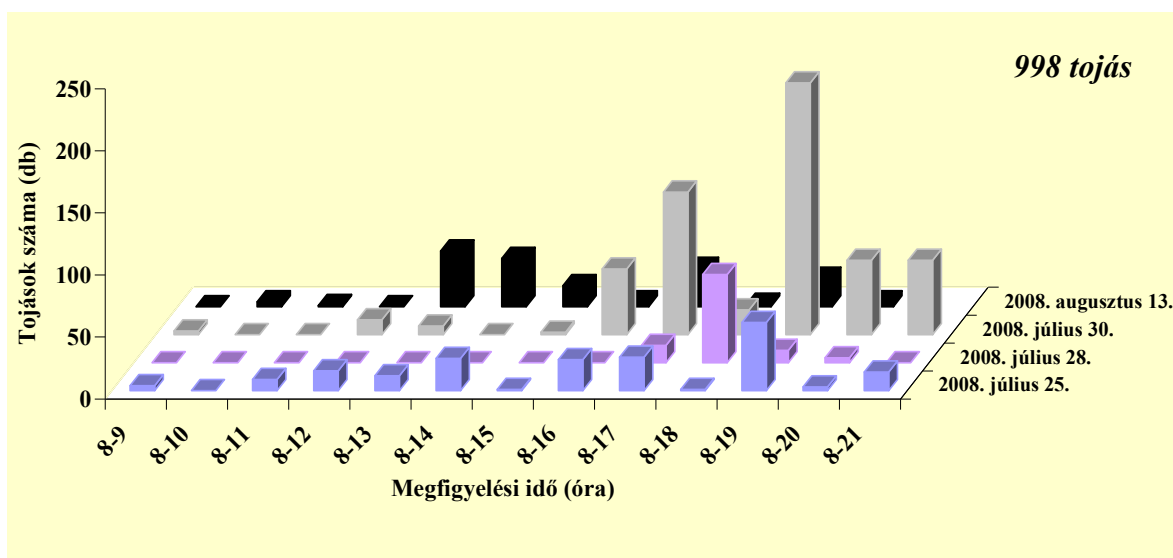
2008. július 25-én, július 28-án, július 30-án és augusztus 13-án elvégzett vizsgálat eredményeit a 16. ábrán ábrázoltam. Összesen 998 tojást raktak a nőstények, 194, 99, 535 és 194 eloszlásban. A hímek rajzása a júliusi napokon csekély volt (július 23–31. között 109,5 hím/csapda), majd emelkedni kezdett. A következő héten a fogott hímek száma 460-ra nőtt, majd augusztus 7–13. között tovább emelkedett (653).

Július 25-én 9 és 15 óra között néhány sebzésben volt tojás, kivéve 10 órát, ekkor egy sem. 16 órakor már több tojást, több (öt) sebzésbe raktak a nőstények. Ezt követően ingadozó volt mind a lerakott tojások száma, mind azon sebzések száma, ahová lerakták őket. 17 órakor három, 18 órakor csak egy, 19 órakor hat, míg 20–21 órakor két–két sebben volt pete.

Július 28-án csak 17–20 óra között találtam tojást. 17 órakor egy, 18 órakor hat, 19 órakor három és 20 órakor ismét csak egy sebzésben.

Július 30-án 16 órától kezdődött a tojásrakás, azt megelőzően elvétele, egy–két sebzésben volt pete. 16 órakor négy, 17 órakor hét, 18 órakor mindössze egy, míg 19 órakor már minden sarjon volt tojás. Az utolsó két időpontban két–két sarjon találtam csak.

Augusztus 13-án bár 13 órától szinte minden órában volt pete a sarjakon, de nagyon kis százalékokon. Még 19 órakor is mindössze a sarjak felén volt tojás.



16. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) nőstény imágók napi aktivitása a reggel azonos időben sebzett sarjakra rakott tojásszám alapján (Berkenye, 2008. július, augusztus)

#### 4.1.2. Hímek aktivitása

##### *Delta típusú szexferomon csapdák fogásai alapján*

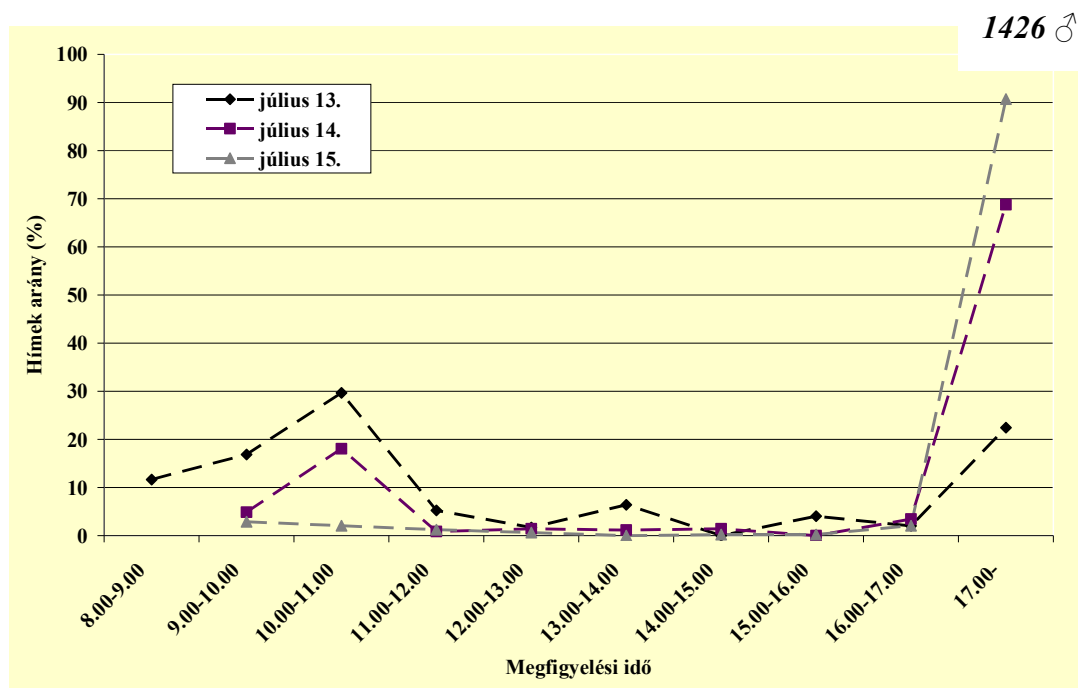
A delta típusú szexferomon csapdákkal végzett óránkénti felvételezések az előzetes megfigyeléseket képezték az automatizált szexferomon rovarcsapdával végzett részletes vizsgálatnak.

2007. július 13-án, az első vizsgálati napon délután 17 óráig követtem a kártevő mozgását, majd a csapdatesteket az ültetvényben hagytam, és másnap reggel néztem meg a fogásokat. Az összfogás 593 hím volt, melynek 63,4 %-a 8–12 óra között került a csapdába, 14,2 %-a 12–17 óra között, míg ezt követően 22,4 % repült a másnap reggeli ellenőrzésig.

Következő napon (július 14-én) ismét 17 óráig olvastam le a csapdák fogását, de este 20 órakor még egy ellenőrzést végeztem. 17–20 óra között az ezen a napon fogott hímek 64,5 %-a repült (225 db). Az összfogás kevesebb volt (349 db), mint előző nap.

Július 15-én 484 hímét csapdáztam, melyek 90,7 %-a (439 db) 17–20 óra között repült.

Az eredmények alapján napközben a szexferomon folyamatosan vonzza a hímeket, délelőtt alakult ki egy intenzívebb repülési időszak, valamint délután, 17 órát követően (17. ábra).



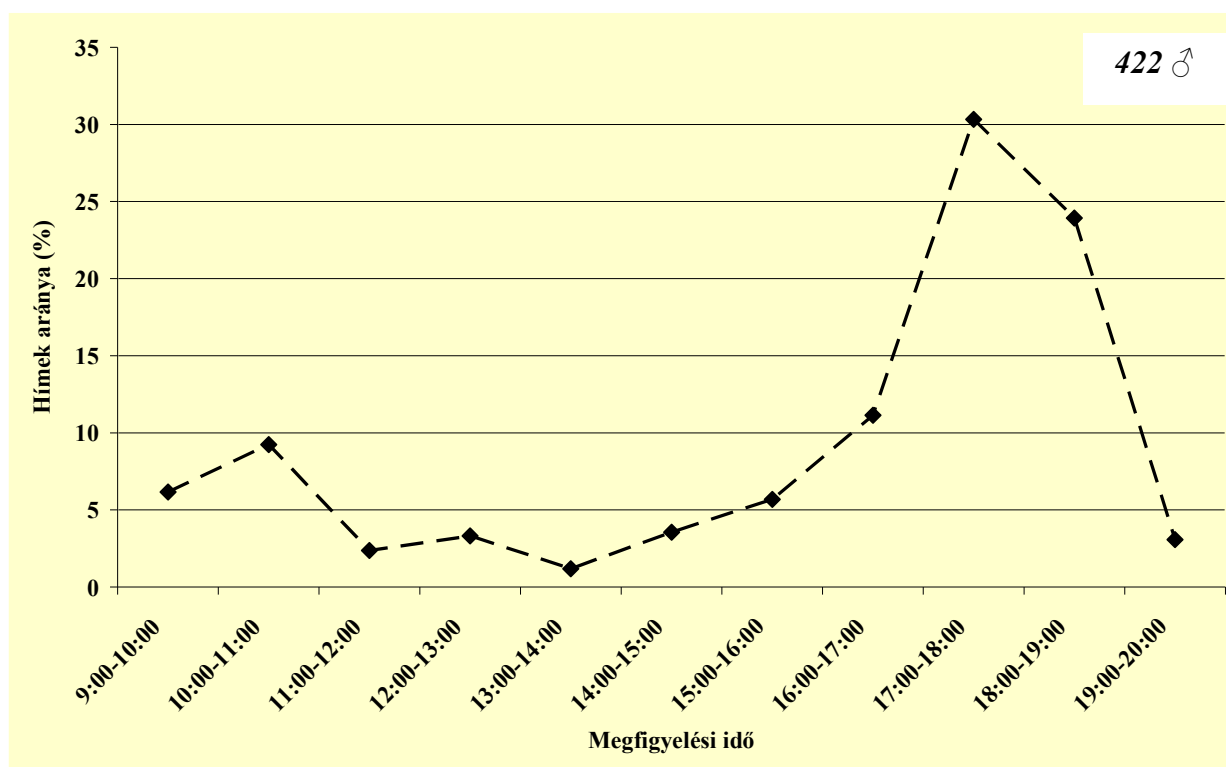
17. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2007. július)

2007 augusztusában végzett megfigyelések eredményeit a 18. ábrán foglaltam össze.

Augusztus 3-án erős szél, és egész napos eső volt Berkenyén, hímeket napközben nem találtam. Esti órákban bár még mindig esett az eső, észleltem néhány hímét.

A következő három napon 422 hímét fogtam a csapdákkal, melyek 65,4 %-a (276 db) 16-19 óra között repült a szexferomonra. Ebben a hónapban 20 óra körül már szürkület volt, az utolsó órában a hímek 3,1 %-a (13 db) repült. A nappali órákban, 9-16 óra között, a napi fogás 31,5 %-át (133 db) találtam a ragacslapokon.

Megállapítottam, hogy 2007 augusztusában a hímek a nap folyamán folyamatosan repültek a kihelyezett csapdákra. A fogások alapján az esti aktivitás jellemző. A 16–19 óra közötti időszakban különíthető el egy tömeges rajzás, amely egy órával korábban kezdődött, mint júliusban.



18. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2007. augusztus)

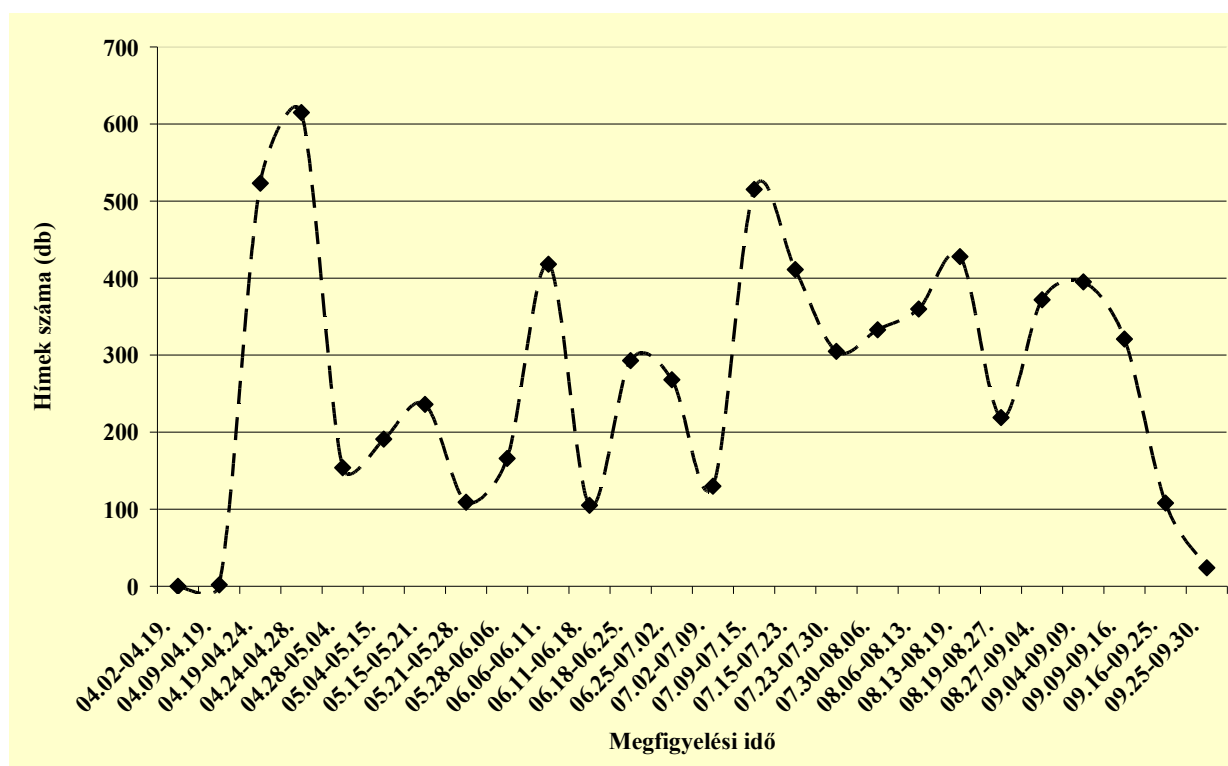
### *Az automatizált szexferomon csapdával végzett rajzásmegfigyelés*

Az automatizált rovarcsapda tesztelése során az adatokat értékeltem heti, napi és óránkénti leolvasás mellett.

#### Heti leolvasás

Amennyiben a fogási adatokat a ragacslap cseréjének ritmusában vizsgáljuk, akkor egy éves rajzásdinamikai görbét kapunk. 2009-ben a málnavessző-szúnyog nemzedékei a rajzásgörbe alapján nem különíthetők el egymástól, és az elvégzett inszekticides kezelés hatására már a az első nemzedék idején ingadozik az egyedszám (19. ábra).

A heti leolvasás lehetőséget adott a fogási adatok összehasonlítására a hagyományos szexferomon csapdákéval (AgriSense Ltd.). Statisztikai értékelés alapján a két csapdatípus fogása szignifikánsan nem különbözött ( $t=1,389$ ;  $df=25$ ;  $p=0,177$ ) egymástól.

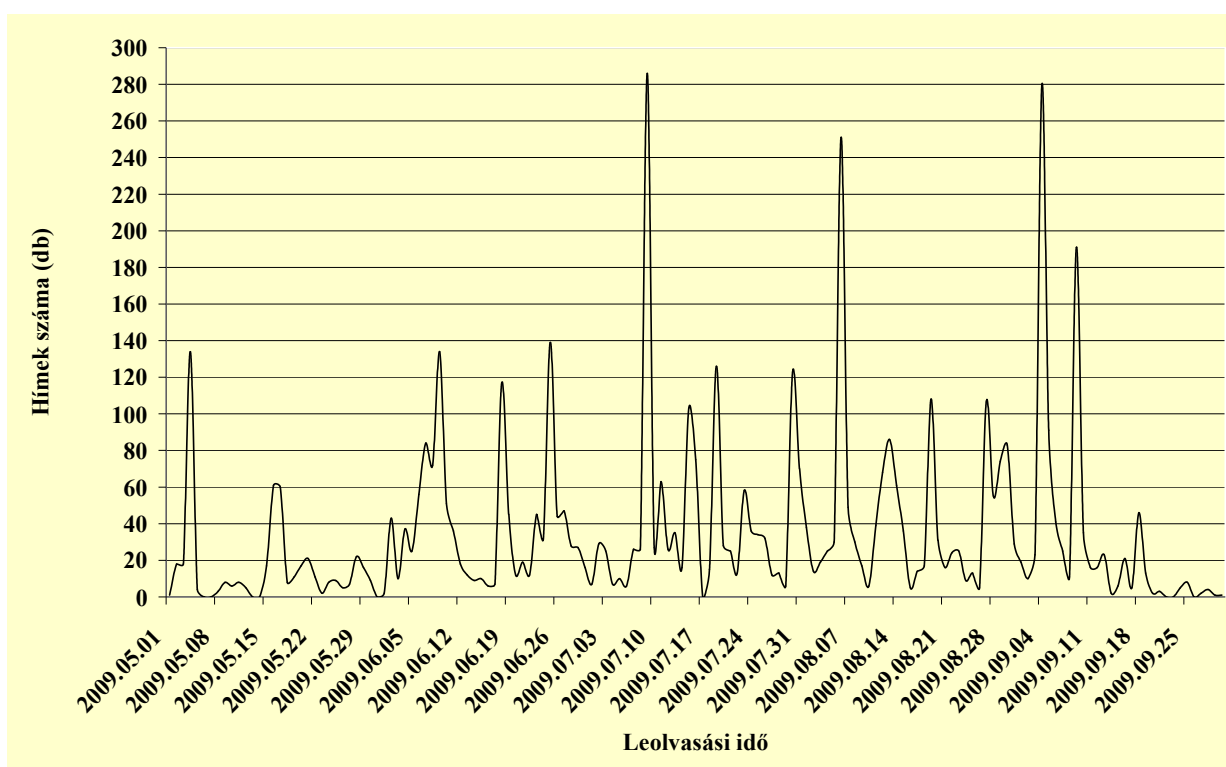


\* Rovarölő szeres kezelés ideje: 2009. május 3. és május 15.

19. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján heti leolvasással (Berkenye, 2009)

Napi leolvasás

A készülék által rögzített képek napi (24 órás) ritmusban is vizsgálhatóak. A 20. ábrán az egy nap (24 óra) alatt fogott hímek számát tüntettem fel. A görbén nagy ingadozás rajzolódik ki, már egy héten belül is.



20. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján napi leolvasással (Berkenye, 2009)

Az 5. táblázatban a ragacsos lapok cseréjének időpontjai láthatóak a cserét megelőző nap, valamint a cserét követő nap fogási adataival. Egy alkalommal (2009. június 11-ei cserekor) nem emelkedik a fogott egyedek száma, azonban ettől eltekintve minden esetben több egyed repült a frissen cserélt lapra.

Az 5. táblázatban a cserét követő három nap, valamint a teljes fogási értékeket is kigyűjtöttem. A hímek többsége (három alkalmat kivéve) a cserét követő első három napban repültek nagy számban a feromonra és ragadtak a lapra.

## 5. táblázat

A málnavessző-szúnyog hímek száma az automatizált szexferomon rovarcsapdában  
(Berkenye, 2009)

Ragacsos lap cseréjének dátuma	Egyedszám (db)			
	Csere előtti nap fogása	Csere utáni nap fogása	Cserét követő 3 nap fogása	„Heti” fogás*
2009.05.04.	18	134	138 (82%)	168
2009.05.15.	0	17	138 (79%)	174
2009.05.21.	17	21	34 (54%)	63
2009.05.28.	7	22	47 (29%)	164
2009.06.06.	25	56	212	212**
2009.06.09.	72	134	185	185**
2009.06.11.	51	36	66 (67%)	98
2009.06.18.	7	117	174 (62%)	282
2009.06.25.	32	139	230 (75%)	308
2009.07.02.	7	29	61 (47%)	129
2009.07.09.	26	286	376 (83%)	453
2009.07.15.	16	103	178 (46%)	385
2009.07.23.	13	58	128 (67%)	191
2009.07.30.	6	123	231 (65%)	357
2009.08.06.	30	251	330 (72%)	460
2009.08.13.	68	86	183 (84%)	219
2009.08.19.	17	108	155 (67%)	231
2009.08.27.	5	107	236 (59%)	400
2009.09.04.	23	280	412 (92%)	448
2009.09.09.	11	191	242 (84%)	289
2009.09.16.	6	21	72 (76%)	95
2009.09.25.	5	8	10 (67%)	15

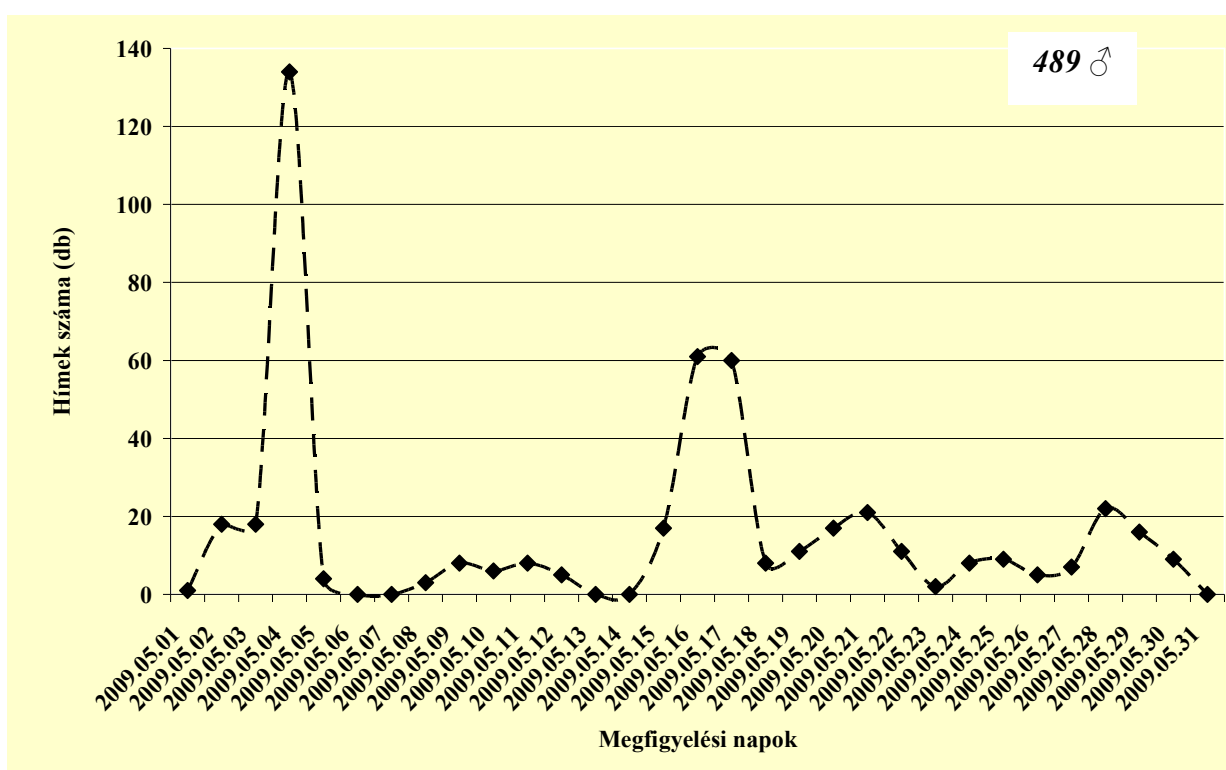
\* „Heti” fogás két ragacsos lap cseréje közötti fogást jelent, amely nem mindig egy teljes hét volt.

\*\* A ragacsos lapok cseréje a 3. napon történt

A következő öt diagramon (21–25. ábra) havi lebontásban ábrázoltam a napi fogási adatokat. Ebben a hónapban két alkalommal védekeztek a málnavessző-szúnyog ellen (május 3-án és május 15-én).

Májusban 489 volt az összfogás. Legnagyobb számban, 134 egyed, május 4-én repült a csapdára. Két napon (május 16–17.) repültek még nagy számban a hímek. E három napon az összfogás 52 %-át csapdáztam. Ezen kívül még két nap fogott a csapda 20, valamint 21 hímeket, a többi napon ez alatt volt a napi fogás (21. ábra).

Nagyon fontos, hogy ebben a hónapban a természető növényvédelmi kezelést végzett a kártevő imágói ellen, amely visszavethette a rajzásukat.

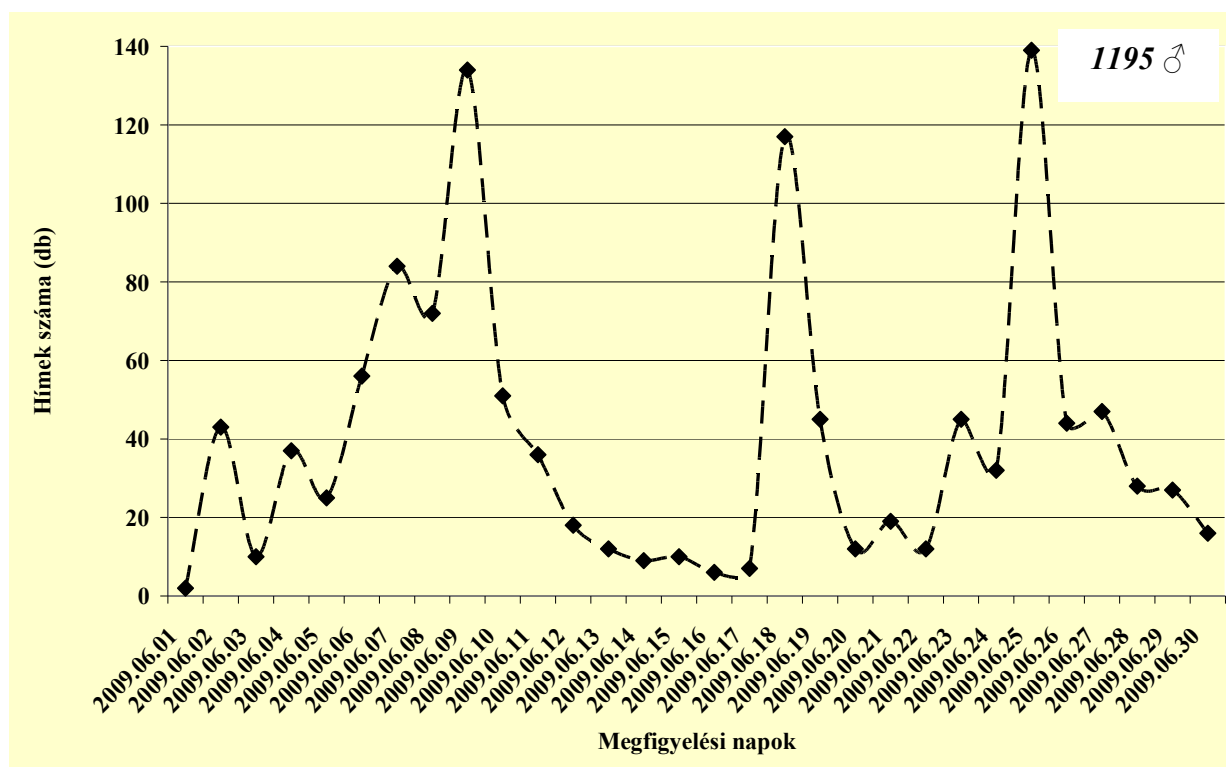


\* Rovarölő szeres kezelés ideje: 2009. május 3. és május 15.

21. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. május)

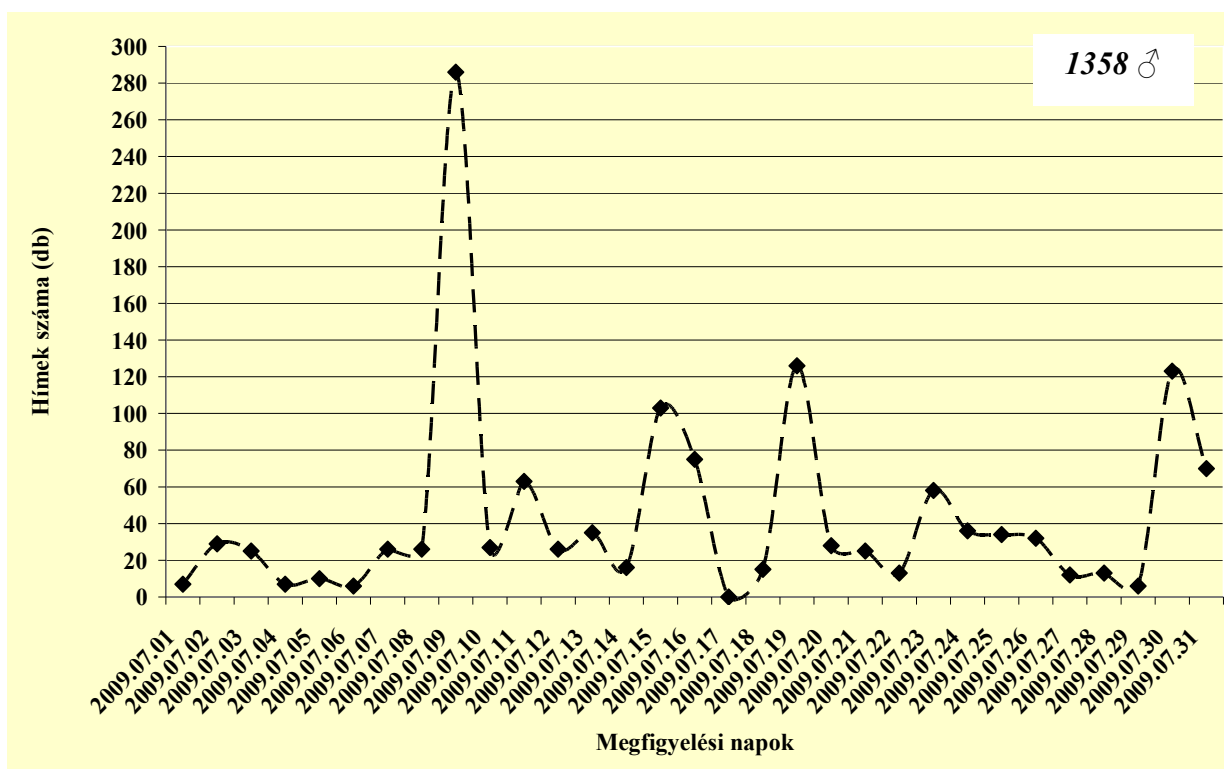


Júniusban már jelentősebb számú hímet csapdáztam, 1195 volt az összfogás. Ebben a hónapban a repülés intenzívebb volt, bár 60 hím/nap fölé mindössze öt napon ment a napi fogás. Ezeken a napokon a fogott hímek 46 %-a került a csapdába. 20–60 hím/nap között 13 nap volt, az összfogás 43 %-át jelentették. A többi napon ez alatt volt a számuk (22. ábra).



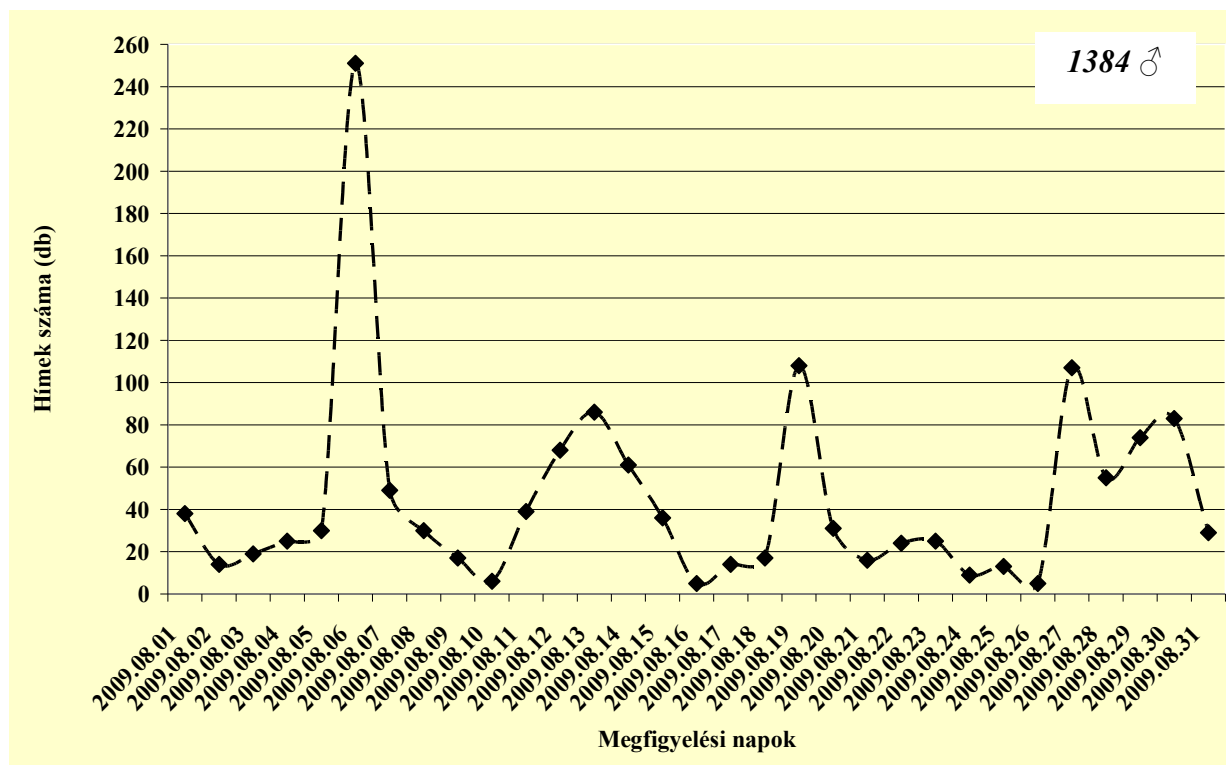
22. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. június)

Júliusban tovább emelkedett a fogás, 1358 hímet csapdáztam. Egy napon volt mindössze kiemelkedő mennyiség, 286 hím/nap (összfogás 21 %-a), de emellett már hat napon is 60 fölötti hímet fogtam (41 %). 20–60 hím/nap között 14 nap (33 %), 11 napon volt a napi fogás 20 alatt (8 %) (23. ábra).



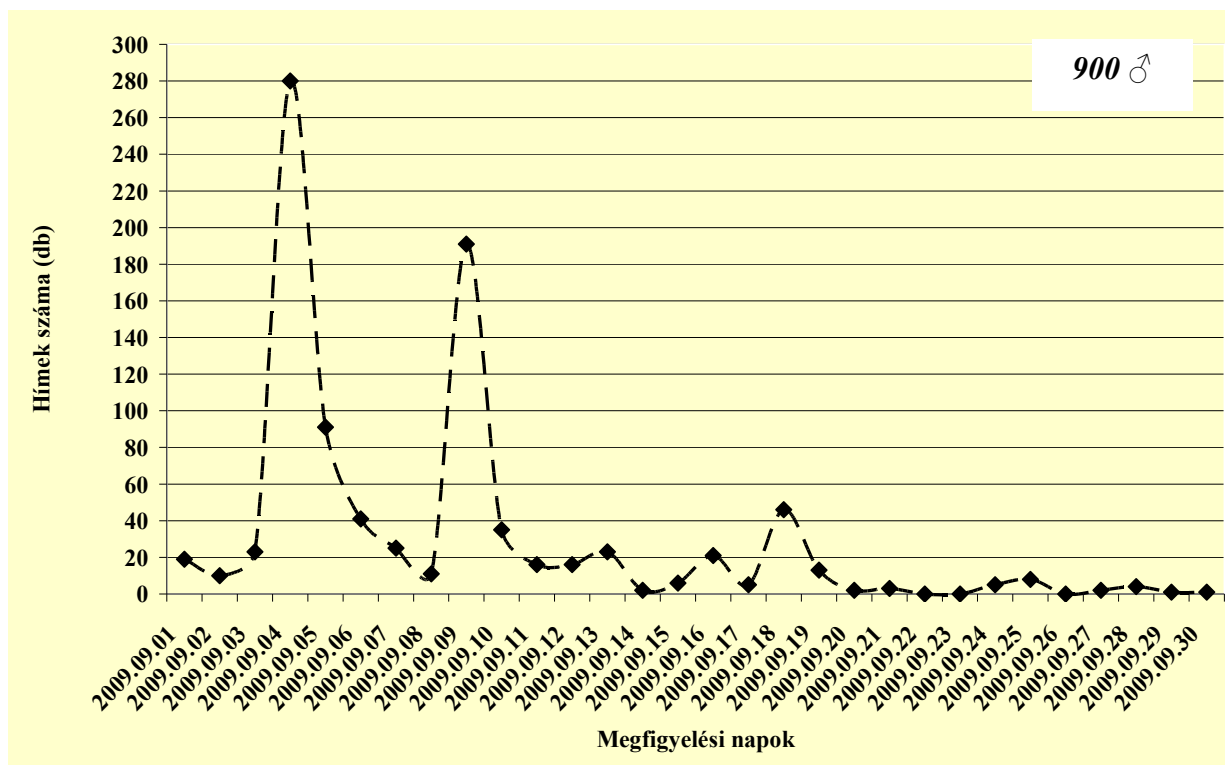
23. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. július)

Augusztusban a júliusi fogáshoz hasonló mennyiséget csapdáztam (1384 db). Előző hónaphoz hasonlóan egy napon (augusztus 6-án) jelentős számú, 251 hímét fogtam (18 %). 60 hím/nap fölé hét napon ment a napi fogás (42 %), 20–60 hím/nap között 12 napon volt (30 %). Ismét 11 napon volt 20 hím/nap alatt (24. ábra).



24. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. augusztus)

Szeptemberben már csökkent a hímek száma, 900 példányt fogtam. 60 nap/hím napi fogás fölött mindössze három nap volt, ez az összfogás 62 %-át jelentette. 20–60 hím/nap között hét nap (24 %). Ez alatt tehát 20 nap volt, melyből három napon egyáltalán nem volt fogás (25. ábra).

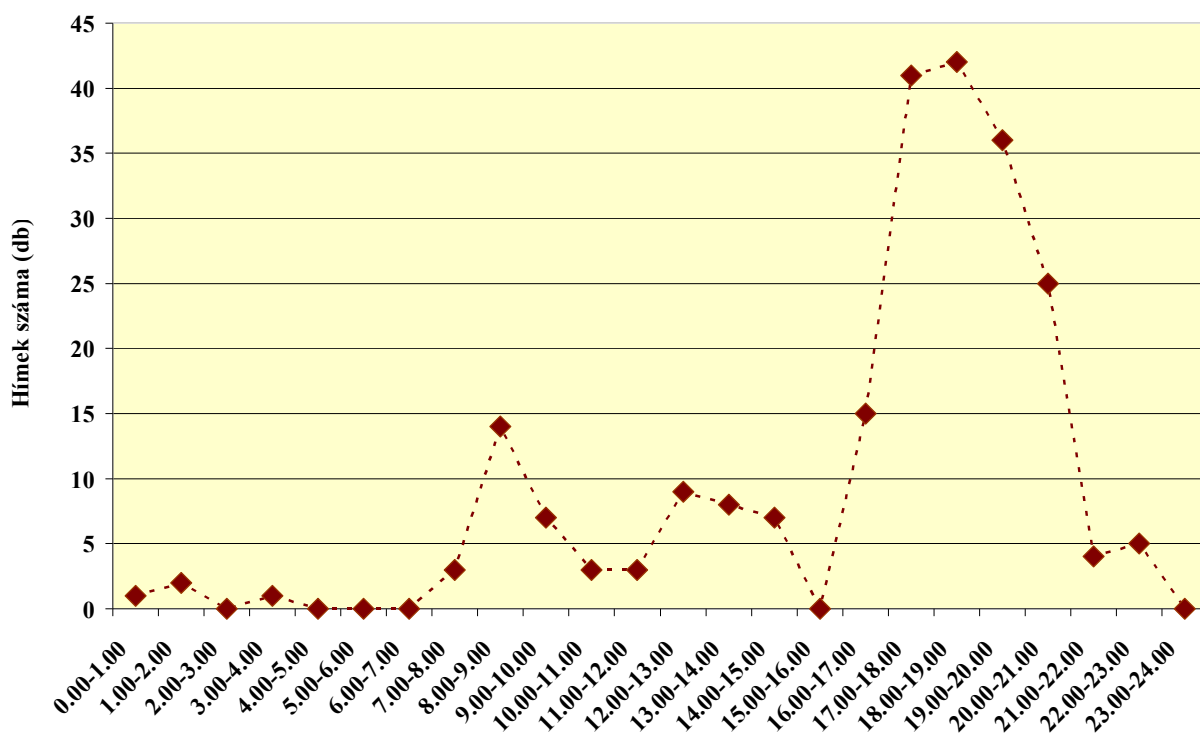


25. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. szeptember)

Óránkénti leolvasás

A kártevő életmódjának feltárása során elengedhetetlen az imágók napi ritmusának ismerete. Az alábbi ábrákon az automatizált szexferomon rovarcsapda fogási adatait óránkénti bontásban ábrázoltam.

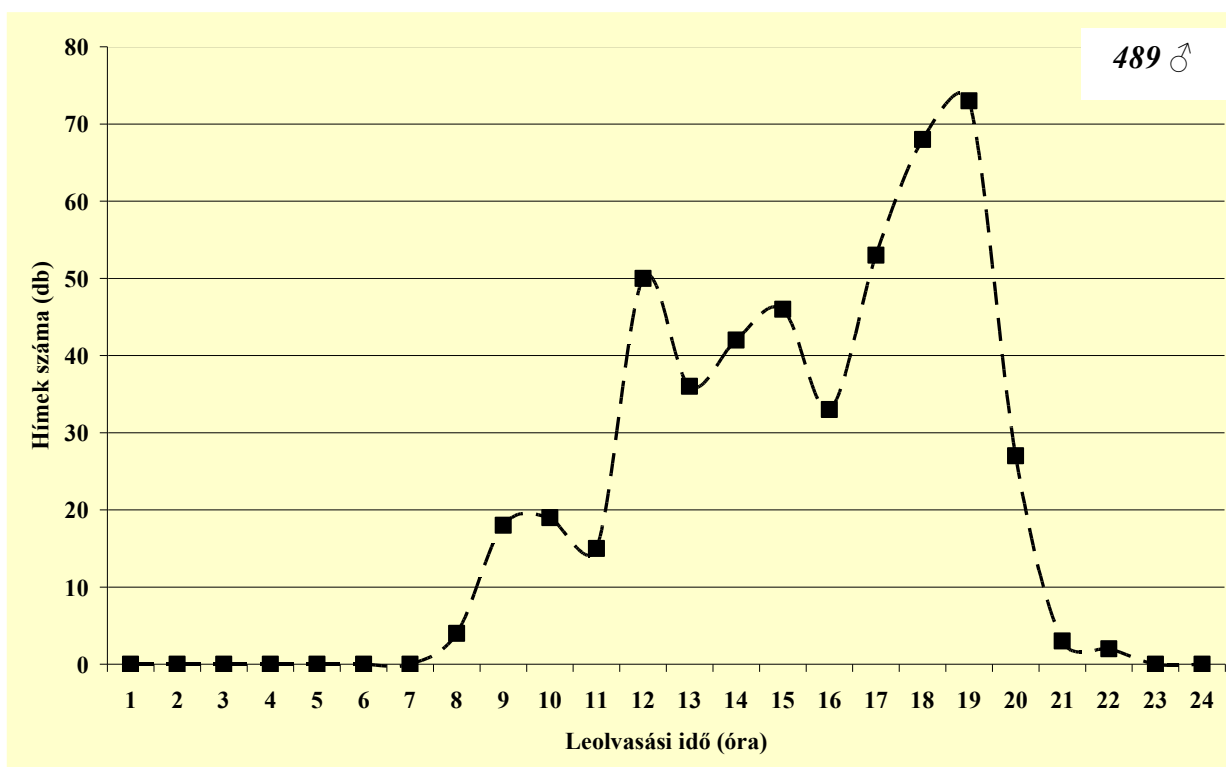
A 26. ábrán 2008. június 20–július 26. közötti időszakban csapdázott hímek száma látható. Az automatizált szexferomon rovarcsapda egy erősen leromlott, nem öntözött ültetvényrészbe került, így sajnos a fogások száma jelentősen elmaradt a vártaktól. Ennek ellenére a napi ritmus egyértelműen leírható a csapdázás eredményeként. A délutáni–esti tömeges rajzás ideje 16–21 óra közötti időszakra tehető, amely megerősíti a 2007-ben hagyományos csapdákkal végzett felvételezéssel kapott eredményeket. Ekkor 159 egyed repült a csapdába, vagyis az összfogás 70,4 %-a. 8–12 óra között az összfogás 11,9 %-a, míg 12–16 óra között 10,6 %-a repült.



26. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hímek napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2008)

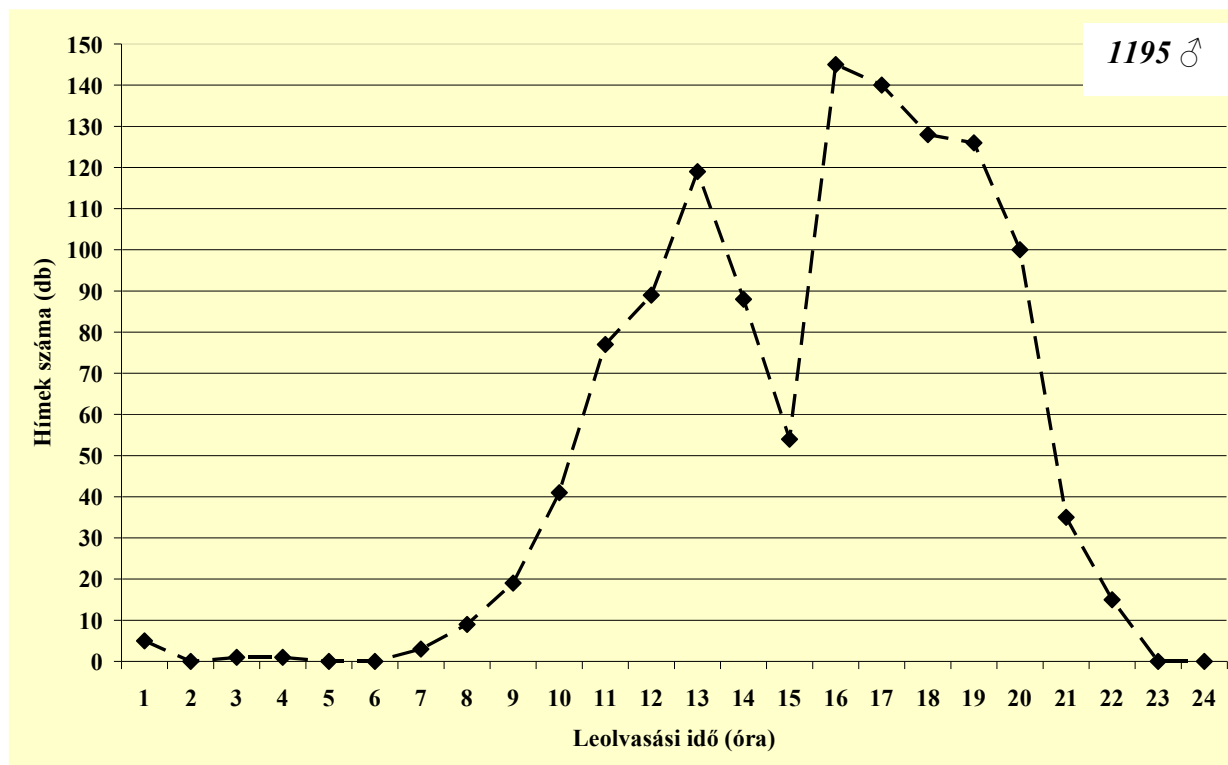
A következő öt ábrán (27–31. ábra) a 2009-es év csapdázási adatait ábrázoltam, ismét havonta, de most az óránként repült hímek számát tüntettem fel.

A májusi összfogás 489 volt, amelynek 21,7 %-a (106) 8–12 óra között, 32,1 %-a (157) 12–16 óra között, 45,8 %-a 16 óra után került a csapdába. Ebben a hónapban bár van esti tömeges repülési időszak, a nappali órákban is jelentős számban vonzotta a szexferomon a hímeket (27. ábra).



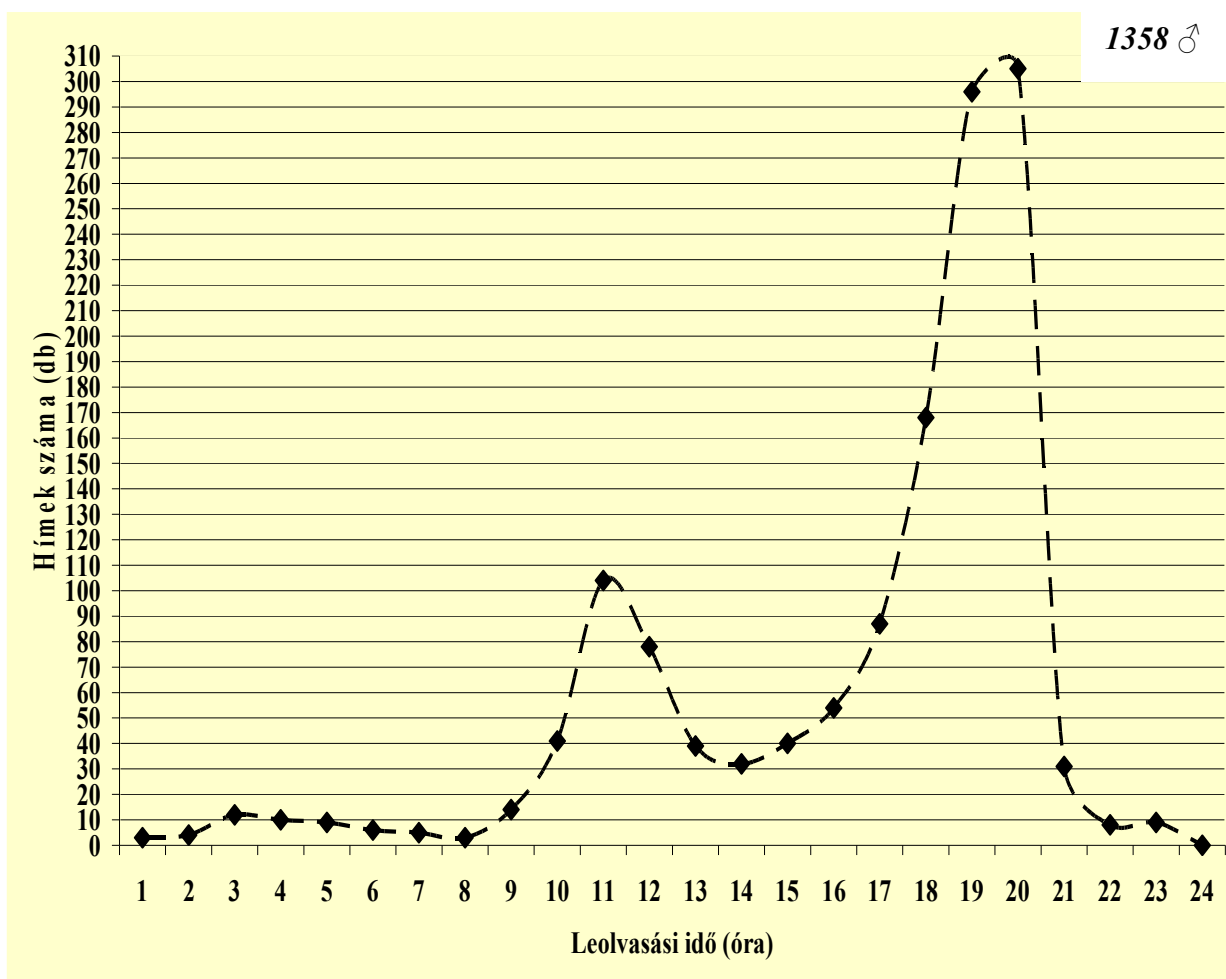
27. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. május)

Júniusban az összfogás jelentősen emelkedett májushoz képest, 1195 hím volt. A nappali órákban a következő eloszlásban repültek: 8–12 óra között 235 (19,7 %), 12–16 óra között 406 (34 %), és ezután 544 (45,5 %) (28. ábra).



28. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. június)

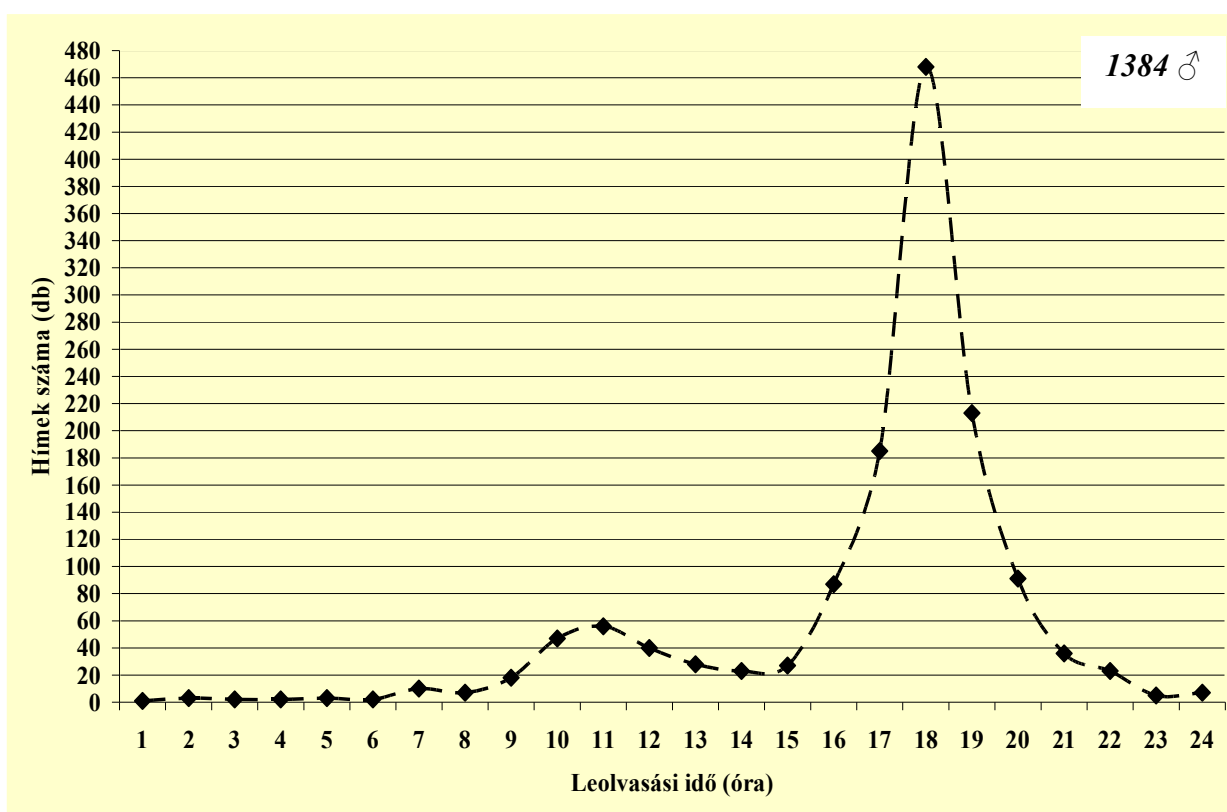
Júliusban tovább emelkedett a fogott hímek száma, 1358 volt. A kézi leolvasáskor, valamint a 2008, közel azonos időszakban végzett felvételezéskor kapott eredményekhez közelít ez a hónap (29. ábra). A hímek 66,6 %-a (904) repült 16 óra után a szexferomonra, ezt megelőzően folyamatosan fogott a csapda, 8–12 óra között a napi fogás 17,7 %-át (240), míg 12–16 óra között 12,2 %-át (165).



29. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. július)

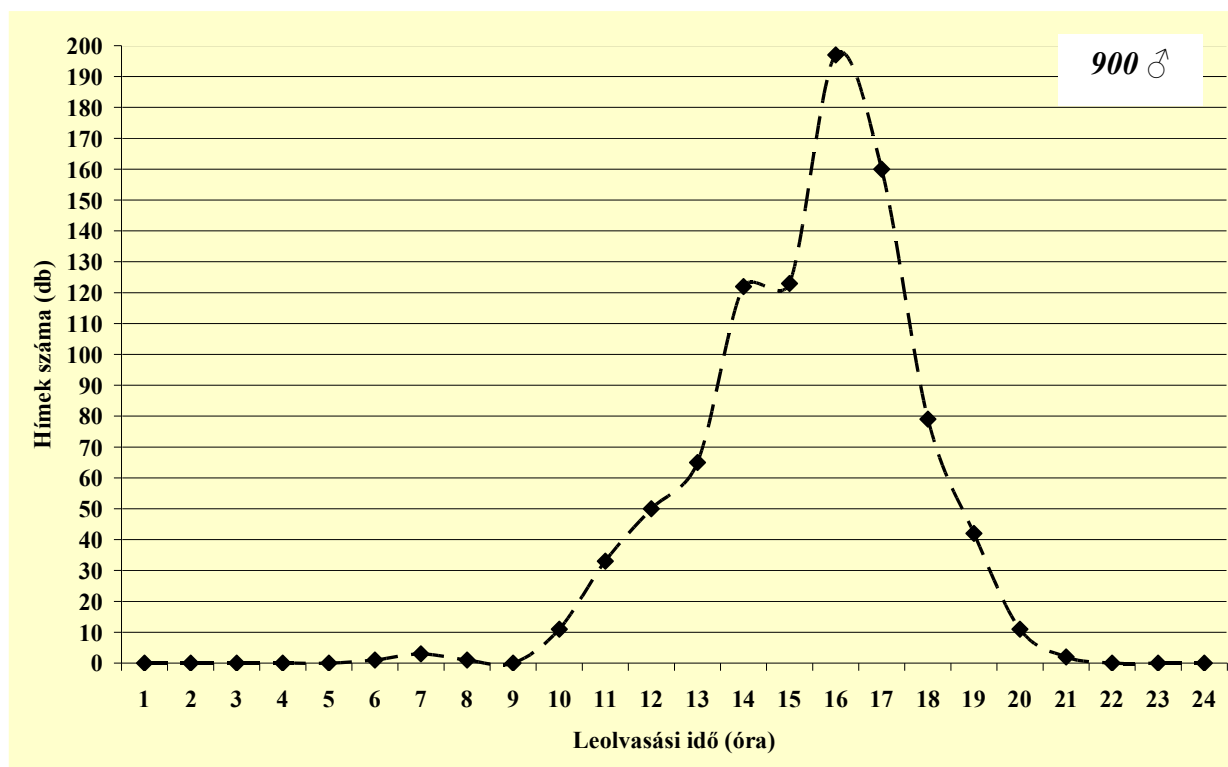


Augusztusban tovább emelkedett a hímek száma, 1384 repült és ragadt a ragacslapra. 2007 augusztusában végzett eredményhez hasonlóan erőteljesen kirajzolódik a görbén a késő délutáni-esti tömeges rajzás. A délelőtti, valamint a délutáni órákban mindössze 168 hím (összfogás 12,1 %-a), illetve 165 (összfogás 11,9 %-a) repült a csapdába, míg az esti időszakban 1016 hím (összfogás 73,4 %-a) (30. ábra).



30. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. augusztus)

Szeptemberben 900 hím repült a csapdára. A rajzágörbe alapján a reggeli óráktól folyamatosan emelkedett a ragacsos lapokra ragadt hímek száma egészen 16 óráig, majd fokozatosan csökkent a fogás, egészen este 21 óráig. 16 óra után az összfogás 54,6 %-a repült (31. ábra).



31. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók napi aktivitása az automatizált szexferomon csapda fogása alapján (Berkenye, 2009. szeptember)

## 4.2. A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása

### 4.2.1. A fejlődési idő állandó hőmérsékleten

A kártevő valamennyi vizsgált hőmérsékleten kifejlődött. A fejlődési idő (nap) a hőmérséklet emelkedésével csökkent minden fejlődési szakaszban, kivéve a bábót. A mérés szerint 30 °C-on a bábstádium átlagosan három nappal hosszabb ideig tartott, mint 25 °C-on (6. táblázat). A fejlődési idők alapján számolt fejlődési ráták a 7. táblázatban láthatóak.

6. táblázat

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) fejlődési ideje

Hőmérséklet (°C)	Fejlődési idő (nap)			
	Tojás-L3 (688)	Előbáb (683)	Báb (195)	Egy nemzedék (195)
18	25 (±4,2)	26 (±9,5)	11 (±0,7)	60 (±7)
20	18 (±3,1)	10 (±2,9)	9 (±0,8)	36 (±3)
23	13 (±1,8)	7 (±2,7)	6 (±0,7)	26 (±3)
25	11 (±1,5)	6 (±1,4)	6 (±0,7)	23 (±2)
30	9 (±1,4)	6 (±2,6)	9 (±0,5)	19 (±2)

7. táblázat

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) fejlődési rátája

Hőmérséklet (°C)	Fejlődési ráta (1/nap)			
	Tojás-L3 (688)	Előbáb (683)	Báb (193)	Egy nemzedék (193)
18	0,039492	0,038567	0,016636	0,016636
20	0,055033	0,103345	0,027583	0,027583
23	0,075932	0,135593	0,038076	0,038076
25	0,087653	0,164894	0,043668	0,043668
30	0,115427	0,155224	0,052632	0,052632

Az imágó élethosszát is felmértem. Az egyed megjelenésétől a pusztulásáig jegyeztem fel a napokat (8. táblázat). Ezek az imágók nem párosodtak és így tojásrakás sem volt. Az egyedek élethossza jelentős szórást mutatott.

## 8. táblázat

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) imágók élettartama

Hőmérséklet (°C)	Élethossz (nap)
18	4 ( $\pm 2,1$ )
20	3 ( $\pm 2,0$ )
23	2 ( $\pm 1,3$ )
25	2 ( $\pm 0,8$ )
30	2 ( $\pm 0,7$ )

## 4.2.2. Alsó fejlődési küszöbérték és a fejlődéshez szükséges effektív hőösszeg meghatározása

A málnavessző-szúnyog egyes fejlődési stádiumaihoz tartozó, valamint a teljes nemzedék alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét (biológiai nullpontját) a 9. táblázat tartalmazza.

## 9. táblázat

A málnavessző-szúnyog fejlődési stádiumainak biológiai nullpontja

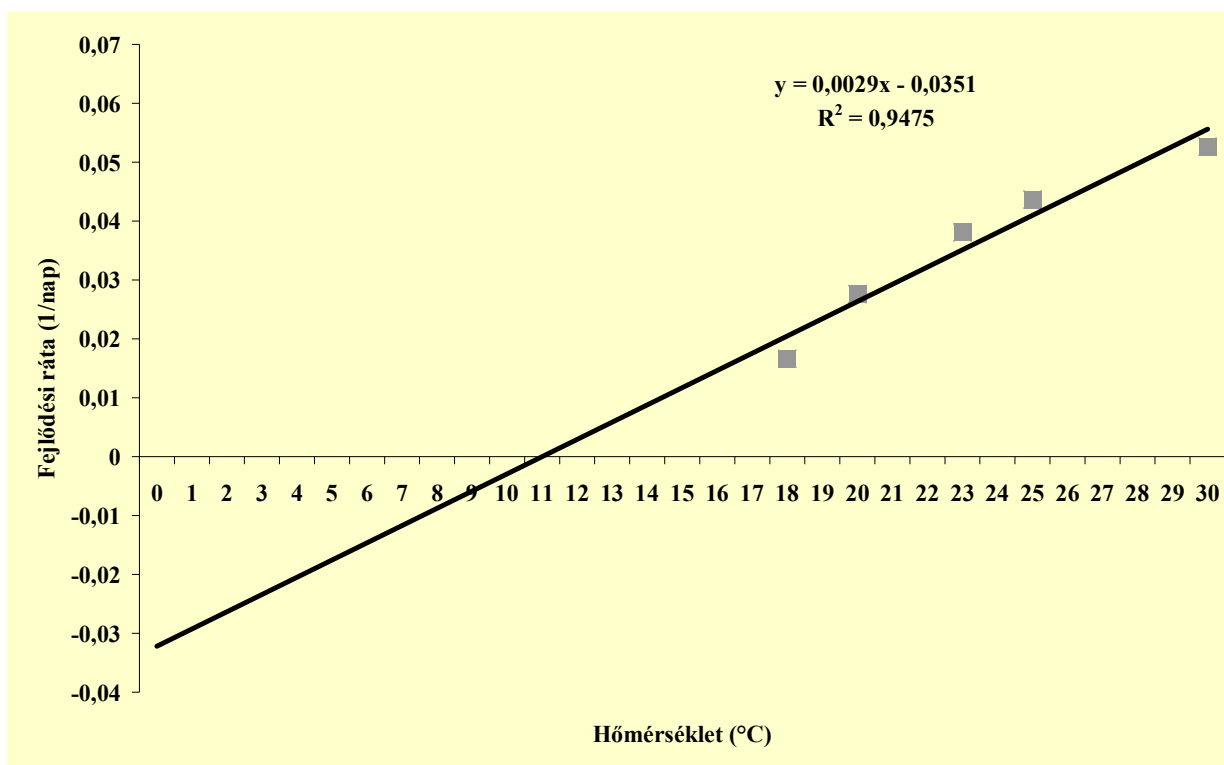
Fejlődési stádium	Regressziós egyenlet	R <sup>2</sup>	LDT (°C)	SET (nap °C)	n (db)
<b>Tojás+lárva</b>	$y = 0,0063x - 0,0775$	0,99	12,3	159	688
<b>Előbáb</b>	$y = 0,0170x - 0,2714$	0,94	16,0	59	683
<b>Báb</b>	$y = 0,0086x - 0,0624$	0,90	7,3	116	193
<b>Total</b>	$y = 0,0029x - 0,0351$	0,95	12,3	345	193

LTD – alsó fejlődési küszöbhőmérséklet (biológiai nullpont)

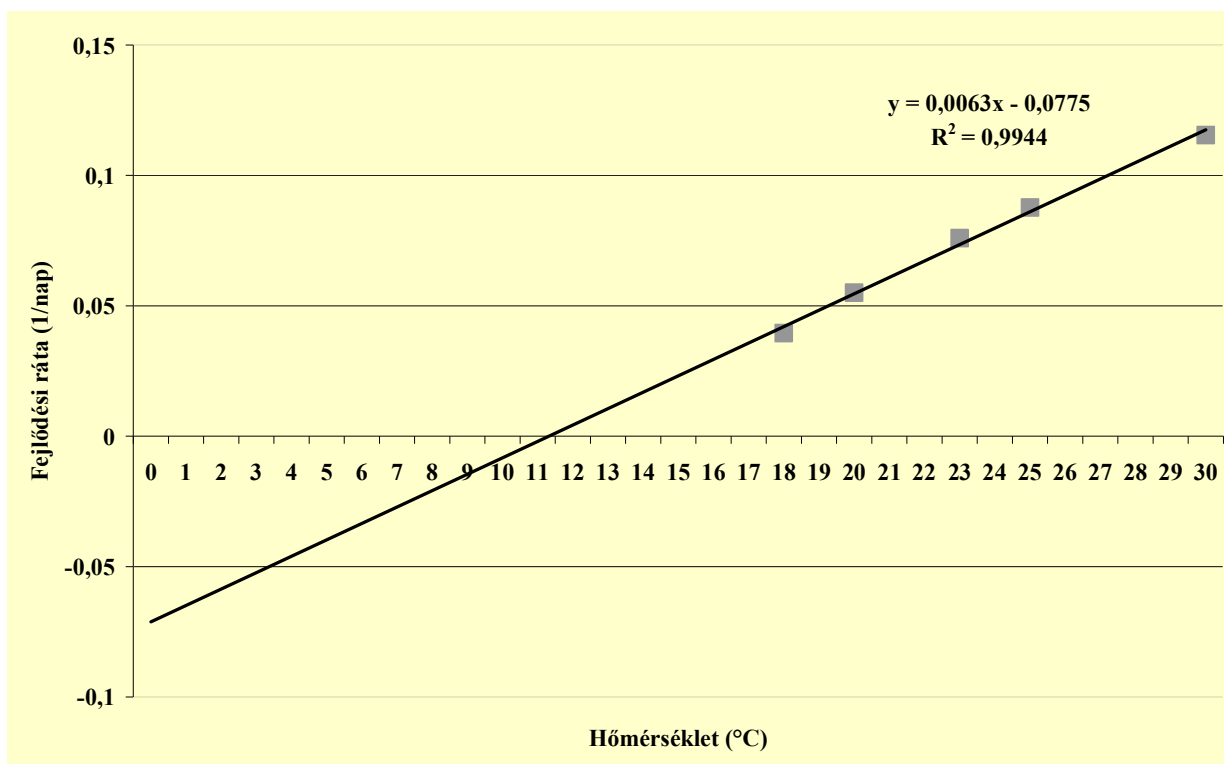
SET – effektív hőösszeg

n – egyedszám

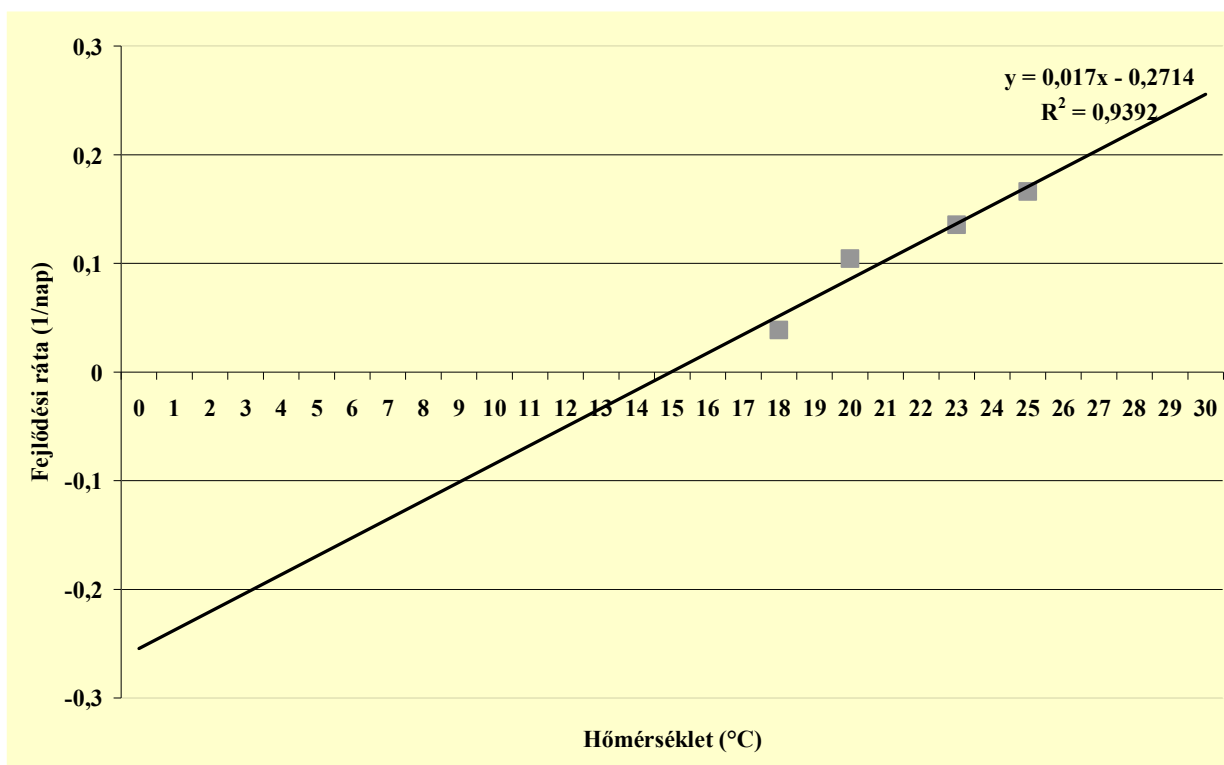
A regressziós egyenletek a fejlődési rátákra illesztett egyenletet írják le, a 32–35. ábrákon láthatók.



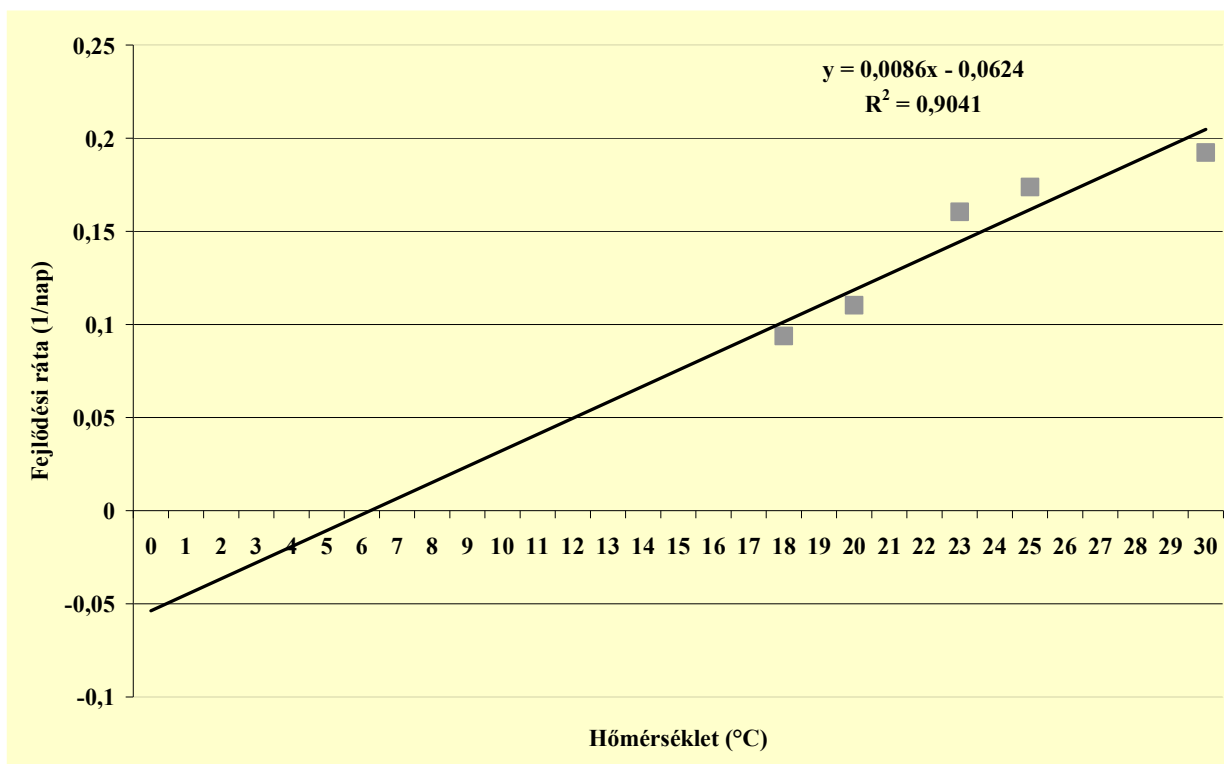
32. ábra. Egy nemzedék kifejlődési idejének meghatározásához szükséges regressziós egyenlet öt hőmérsékleten mért fejlődési ráta alapján



33. ábra. A málnavessző-szúnyog tojásstádiumtól az L3 lárvastádiumig tartó fejlődési idejének meghatározásához szükséges regressziós egyenlet öt hőmérsékleten mért fejlődési ráta alapján



34. ábra. A málnavessző-szúnyog előbáb fejlődési idejének meghatározásához szükséges regressziós egyenlet négy hőmérsékleten mért fejlődési ráta alapján



35. ábra. A málnavessző-szúnyog bábstádium fejlődési idejének meghatározásához szükséges regressziós egyenlet öt hőmérsékleten mért fejlődési ráta alapján

A regressziós egyenletet illesztéséhez használt fejlődési ráták alapján az előbábnál a 30 °C-hoz tartozó ráta nem emelkedett lineárisan, mint a többi szakasznál. Valamint az öt mért pontra illesztett egyenlet  $R^2$  értéke 0,7 volt, ezért kísérletet tettem egy jobb egyenes illesztésére. A 30 °C-hoz tartozó fejlődési rátát nem vettem figyelembe, a másik négy pontra illesztettem az egyenest. Így az  $R^2$  értéke 0,94-re emelkedett (34. ábra). Az effektív hőösszeg 59 nap °C lett 16 °C felett. Ezt az értéket figyelembe véve a fejlődési idő 334 nap °C összértéket ad.

A kártevő teljes nemzedékének fejlődési ideje 345 °C (12 °C felett) a regressziós egyenlet alapján. Ebből 175 nap °C-ot tölt a talajban (előbáb, báb).

### 4.3. A laboratóriumi eredmények szabadföldi tesztelése

#### 4.3.1. Málnavessző-szúnyog elleni védekezés optimális idejének meghatározása hőösszeg-számítás alapján

A kártevő tömeges rajzásának előrejelzéséhez a telelő lárva bábozódásának kezdeti idejének megállapítására, vagyis a bábstádium biológiai nullpontjára és fejlődési idejére van szükség.

Az előző fejezetben ismertettem a báb biológiai nullpontját (7,3 °C) és fejlődéséhez szükséges effektív hőösszeget (116 nap °C).

2006–2010 között mért talaj- és léghőmérsékleti adatokból napi átlaghőmérsékletet számoltam, amelyek alapján a napi átlaghőmérséklet a talajban 10 cm mélységben +7,3 °C fölé:

- 2006-ban március 26-án,
- 2007-ben március 26-án,
- 2008-ban március 31-én,
- 2009-ben március 30-án,
- 2010-ben március 22-én emelkedett.

Az effektív hőösszeg elérése április 20–május 7. közötti időszakra esett. A 10. táblázatban összesítettem az első nemzedék rajzáscsúcsának idejét, az addig összegyűjtött effektív hőösszeg értékeket, valamint azt a napot, amikor az általam számolt effektív hőösszeg alapján várható a tömeges rajzás. Az éves rajzásmegfigyelés alatt hetente olvastam le a csapdák fogását. 2006-ban és 2008-ban a rajzáscsúcsot megelőzően (2 nappal korábban) érte el a 116 nap °C-ot a hőösszeg. A másik három évben (2007, 2009 és 2010) a 116 nap °C-ot azon a hét elején érte el a hőösszeg, amely alatt a tömeges rajzást tapasztaltam.



## 10. táblázat

A málnavessző-szúnyog hímek tömeges tavaszi megjelenésének kalkulált,  
valamint tényleges ideje, a hozzá tartozó hőösszeggel (2006–2010)

Év	Tömeges rajzás ideje	Effektív hőösszeg (K)	A kalkulált 116 nap °C elérésének ideje
<b>2006</b>	május 1–9.	131–176 nap °C	április 29.
<b>2007</b>	április 19–26.	107–164 nap °C	április 21.
<b>2008</b>	május 2–9.	132–186 nap °C	április 30.
<b>2009</b>	április 19–24.	108–145 nap °C	április 20.
<b>2010</b>	május 5–12.	109–156 nap °C	május 07.

#### 4.3.2. A kártevő nemzedékszám

A hagyományos delta típusú szexferomon csapdákkal öt éven keresztül (2006–2010) végeztem rajzásdinamikai felmérést szabadföldön a laboratóriumi mérések alapján számolt alsó fejlődési küszöbhőmérséklet, valamint az előrejelzési modell és az egyes nemzedékek fejlődési idejének leírásához szükséges hőösszeg tesztelésére.

A málnavessző-szúnyog hímek rajzásmegfigyelése alapján a fajnak hazánkban évente több nemzedéke fejlődik ki. A rajzágörbe alapján általában az első, esetleg a második nemzedék különíthető el, míg a nyári nemzedékek rendszerint átfednek. A hímek a megfigyelt években április második felében jelentek meg az ültetvényben, és egészen szeptember végéig, illetve október elejéig változó egyedszámban, de folyamatosan repültek a szexferomon csapdákra.

A málnavessző-szúnyog fejlődéséhez szükséges effektív hőösszeg értékeit a 11. táblázatban tüntettem fel.

11. táblázat

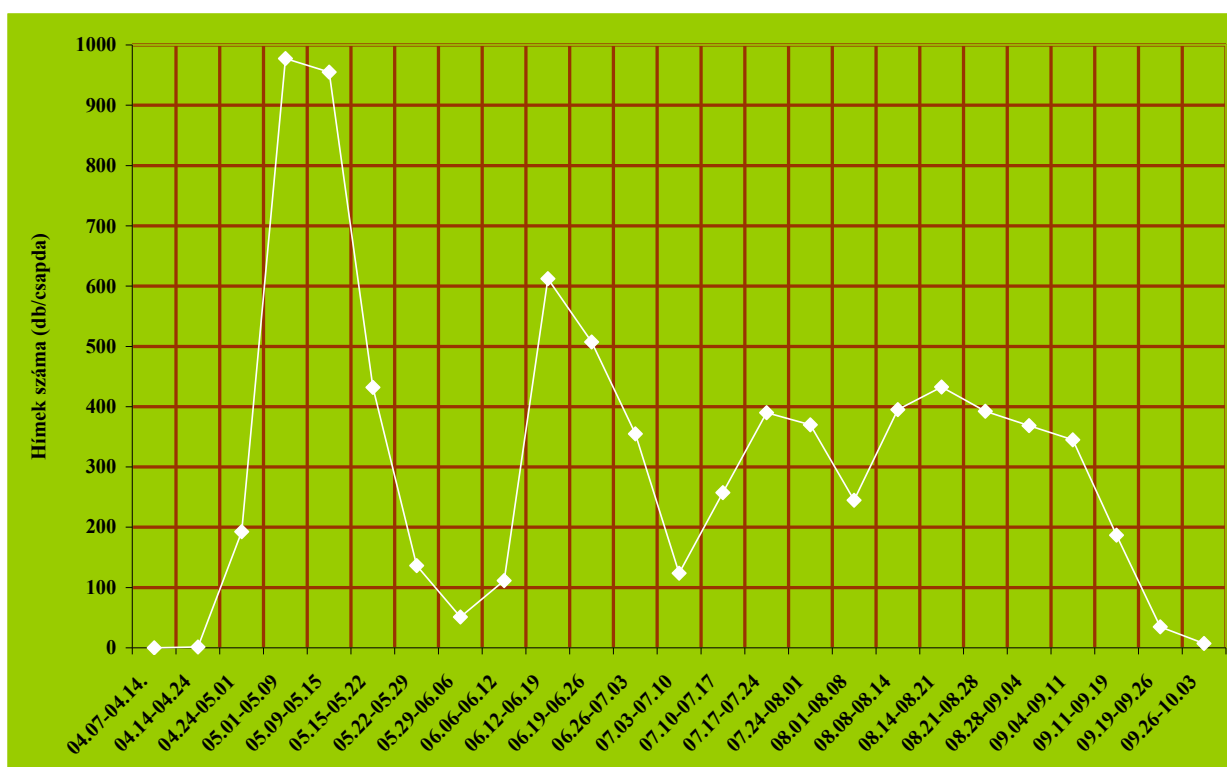
A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) fejlődéséhez hatékony napi átlaghőmérsékletek összege (Berkenye, 2006–2010)

Év	Kumulált effektív hőösszeg (nap °C) (léghőmérséklet +talajhőmérséklet)	Nemzedékszám (db)
2006	1079 (533+546)	3,1~3
2007	1279 (612+666)	3,7~4
2008	992 (494+498)	2,9~3
2009	820 (399+421) *	2,4~2
2010	893 (514+379)	2,6~3

\* 2009. július 30-ig állnak rendelkezésre hőmérsékleti adatok, a hőmérő eltulajdonítása miatt

Az egy nemzedék kifejlődésére vonatkozó biológiai nullpont (12,3 °C) és az effektív hőösszeg alapján (345 nap °C) a málnavessző-szúnyognak három teljes és egy negyedik csonka nemzedéke fejlődhet ki Magyarországon, szabadföldön.

A szexferomon csapdával végzett rajzásmegfigyelés alapján 2006-ban április 14–24. között indult a rajzás, majd az első egyedek megjelenését követő második héten (május 1–9.) már tömegesen repültek a hímek. A második nemzedék tömeges rajzása június 19–26., míg a harmadik nemzedéké július 17–24. közötti napokra tehető a csapdák fogása alapján. Ezt követően még két hónapon át repültek egyedek a csapdákra. Azonban, hogy ez egy negyedik nemzedéket jelent, vagy csak a harmadik nemzedék elhúzódó rajzását, csupán ezen adatok alapján nem dönthető el (36. ábra).



36. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók rajzásmenete szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2006)

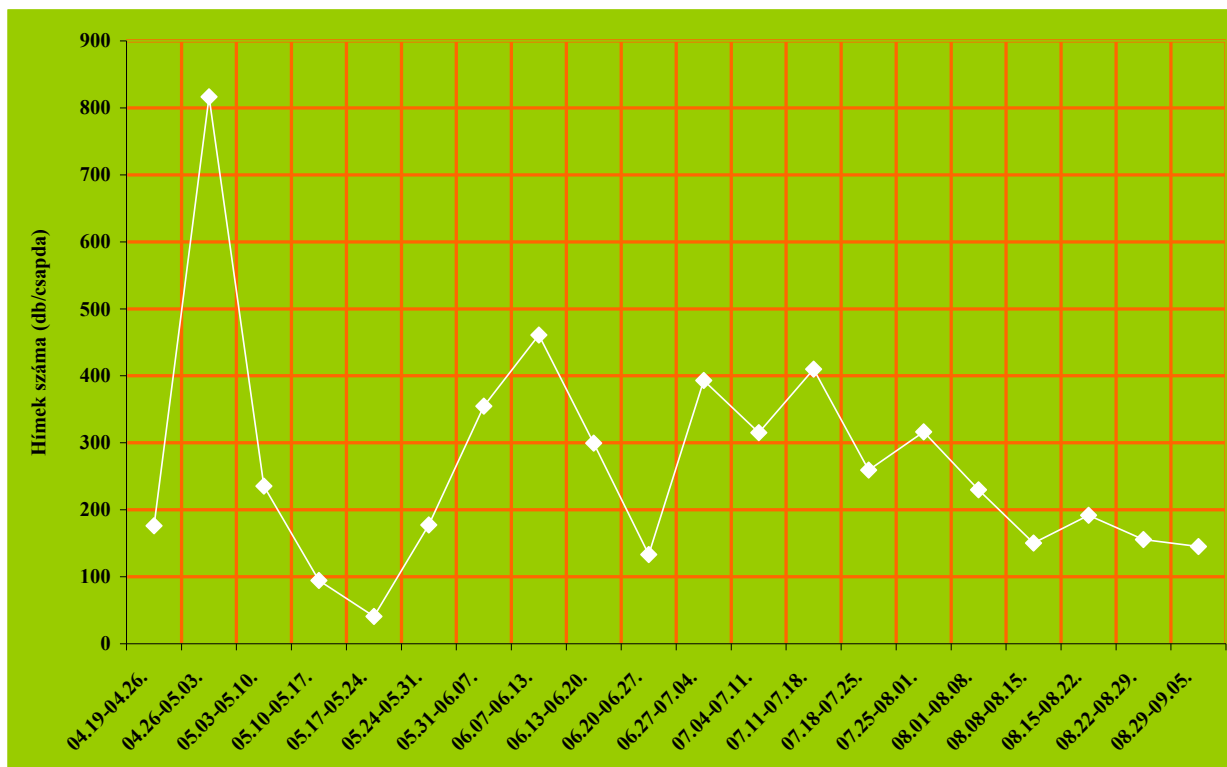
Az effektív hőösszeg értékek alapján három nemzedék kifejlődéséhez elegendő hőösszeg állt rendelkezésre (9. táblázat).

Számításom szerint az

1. nemzedék 2006. április 29-én,
2. nemzedék 2006. július 8-án,
3. nemzedék 2006. augusztus 16-án tetőzött.

Ezt követően még 125,8 nap °C effektív hőösszeg volt.

2007-ben a szexferomon csapdák fogása alapján április 19–26. között, a csapdák kihelyezését követő megfigyelési héten, már repültek hímek a csapdákra. Egy héttel később (április 26–május 3.) fogtam a legnagyobb számban őket. A második nemzedék tömeges rajzása június 7–13. között lehetett. Ezt követően a rajzágörbe alapján nem lehet újabb rajzáscsúcsot elkülöníteni, de folyamatosan repültek a hímek (37. ábra).



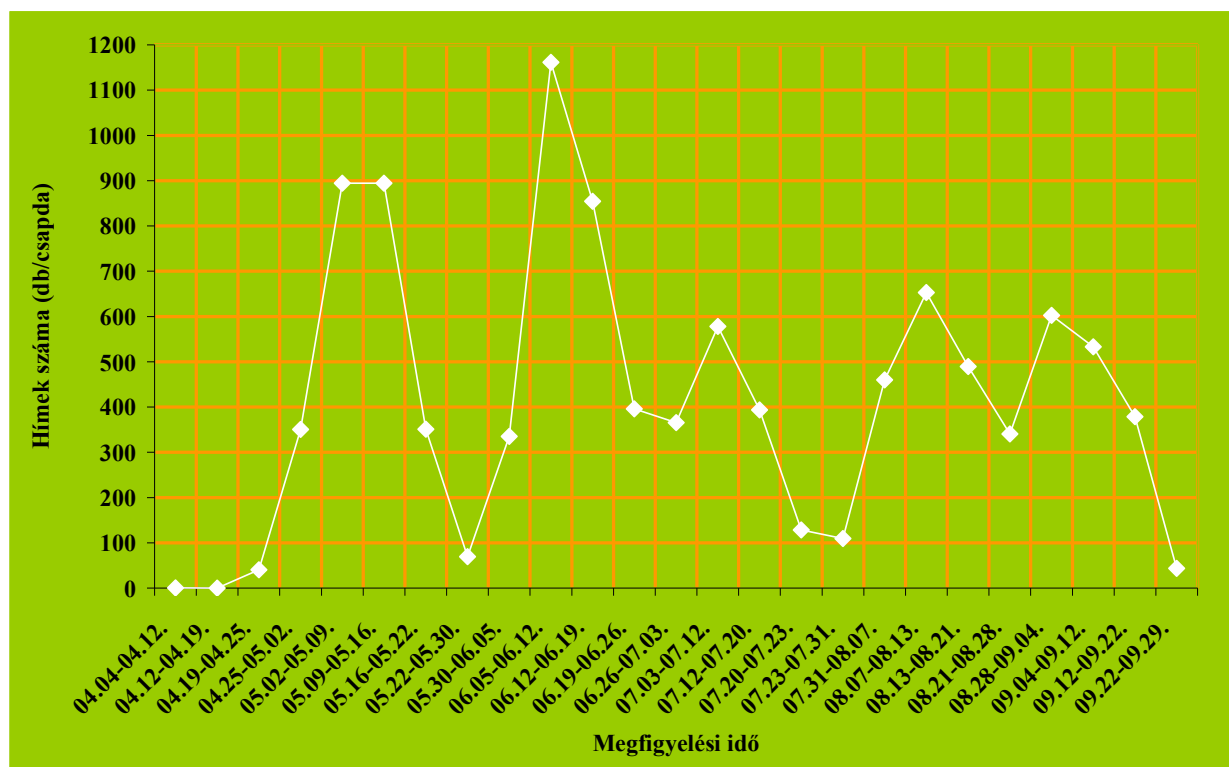
37. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2007)

Az effektív (hatékony) hőösszegek szerint 3,7 nemzedék kifejlődéséhez elegendő hőösszeg gyűlt össze 2007-ben (9. táblázat).

- Az 1. nemzedék 2007. április 20-án,  
 2. nemzedék 2007. június 16-án,  
 3. nemzedék 2007. július 22-én,  
 4. nemzedék 2007. augusztus 25-én tetőzött számításom szerint.

Ezt követően 125,8 nap °C hatékony hőösszeg gyűlt össze.

2008-ban április 19–25. fogták a csapdák az első hímeket. Az első nemzedék tömeges repülése május 2–16. között volt. A görbe alapján a második nemzedék június 5–12. tetőzött. Ezt követően nem különíthetők el a nemzedékek (38. ábra).



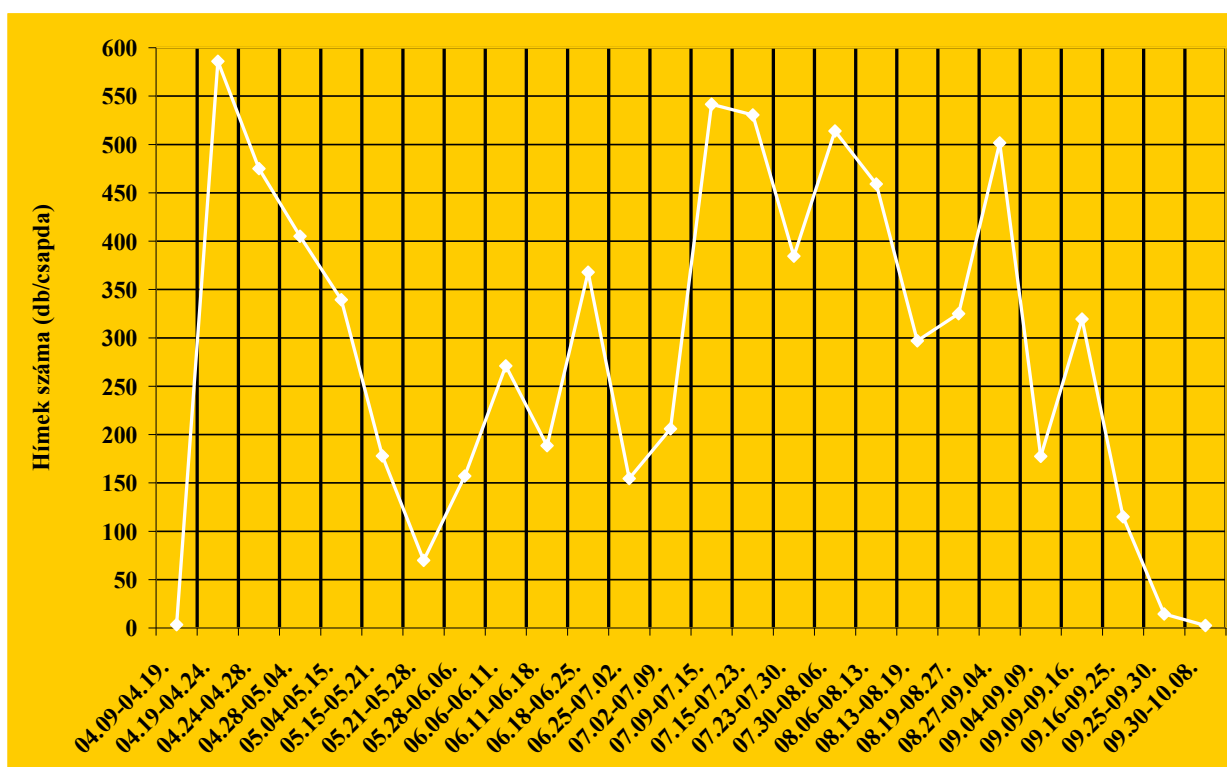
38. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2008)

Az effektív (hatékony) hőösszegek szerint három nemzedék kifejlődéséhez elegendő hőösszeg állt rendelkezésre (9. táblázat).

- Az 1. nemzedék 2008. április 30-án,  
 2. nemzedék 2008. június 30-án,  
 3. nemzedék 2008. augusztus 15-én tetőzött számításom szerint.

Ezt követően a mérés végéig 37,5 nap °C effektív hőösszeg volt.

2009-ben április 19–24. nagy egyedszámmal indult az első nemzedék rajzása. Azonban már a második nemzedéktől kezdődően a fogások száma erősen hullámzott, május végén egy erős visszaesés következett be, majd a nyár második felétől a hímek száma újra elérte az első nemzedék rajzás csúcsának egyedszámát (39. ábra).



39. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2009)

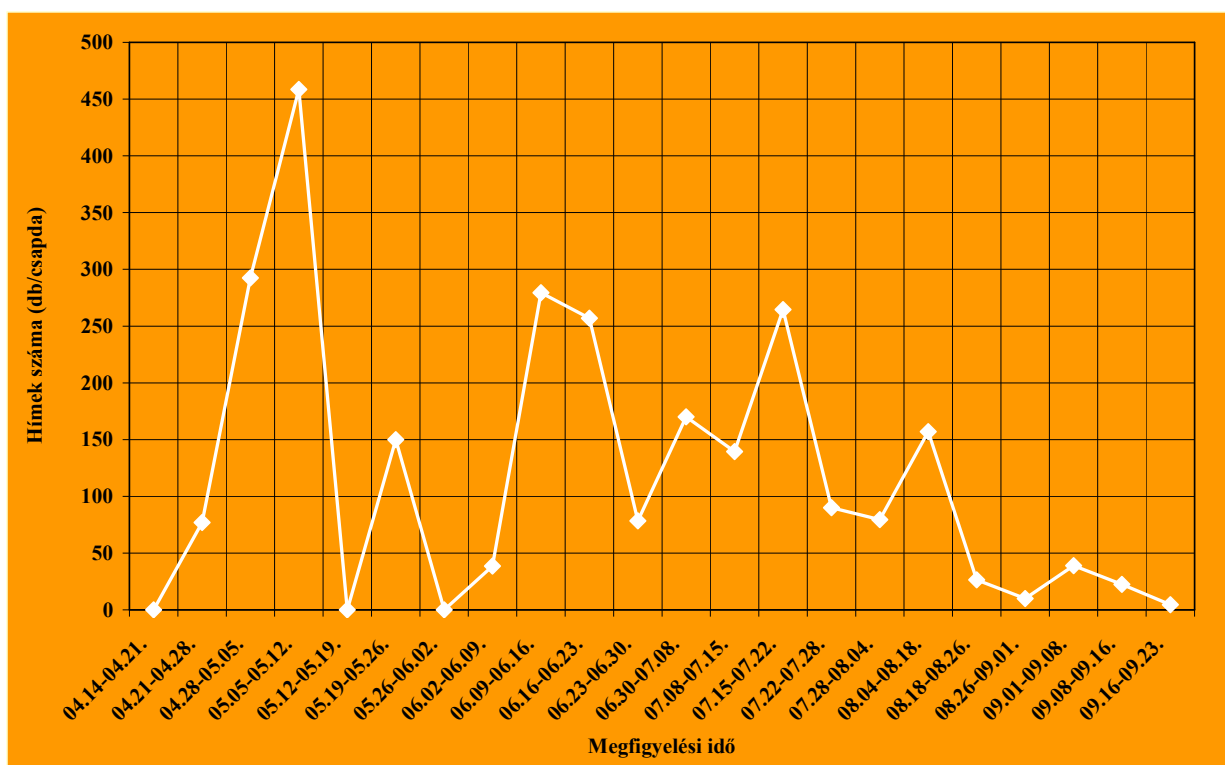
Az éves effektív hőösszeg alapján 2,4 nemzedék fejlődhetett ki július 30-ig.

Az 1. nemzedék 2009. április 20-án,

2. nemzedék 2009. június 26-án tetőzött számításom szerint.

A hőmérő eltulajdonításáig 145,17 nap °C gyűlt össze.

2010-ben a szexferomon csapdák adatsora alapján április 21–28. között jelentek meg a hímek az ültetvényben. Ezt követően két olyan hét is volt, amikor a rajzás leállt, feltehetően az időjárási tényezők miatt (május 12–19. és május 26–június 2.). Ezen időszakokban viharok és esőzések jellemezték az időjárást. Bár a rajzágörbe alapján az első tömeges repülés május 5–12. között volt, de az ezt követő héten hirtelen leállt a repülés, tehát ez lehet egy látszólagos csúcspont is. Az év folyamán változó számban, de mindig repültek a csapdákra (40. ábra).



40. ábra. A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi*) hím imágók éves rajzásmenete szexferomon csapdák fogása alapján (Berkenye, 2010)

Az éves effektív hőösszeg 2,6 nemzedék kifejlődéséhez volt elegendő (9. táblázat).

Az 1. nemzedék 2010. május 6-án,

2. nemzedék 2010. július 11-én,

3. nemzedék 2010. augusztus 16-án tetőzött számításom szerint.

Majd 141,8 nap °C gyűlt még össze.

#### 4.4. Új eredmények

- 1) Az automatizált, meteorológiai állomással egybeépített szexferomon rovarcsapda alkalmas a málnavessző-szúnyog hímek rajzásmegfigyelésére.
- 2) A szexferomon csapdával végzett óránkénti megfigyelés alapján málnavessző-szúnyog hímek tömegesen az esti órákban (16–21 óra) rajzanak.
- 3) A nőtények mesterségesen sebzett sarjak módszerével követett tojásrakási aktivitása egy erős esti csúcsot mutat, amely késő délutántól sötétedésig tart.
- 4) Meghatároztam a málnavessző-szúnyog egy nemzedékének ( $12,3\text{ °C}$  felett 345 nap  $^{\circ}\text{C}$ ), a sebzésekben élő fejlődési alakok (pete-L3) ( $12,3\text{ °C}$  felett 159 nap  $^{\circ}\text{C}$ ), az előbáb ( $16\text{ °C}$  felett 59 nap  $^{\circ}\text{C}$ ) és a báb ( $7,3\text{ °C}$  felett 116 nap  $^{\circ}\text{C}$ ) alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét és a fejlődésükre vonatkozó effektív hőösszeget.
- 5) Magyarországon az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg alapján a málnavessző-szúnyog háromnemzedékes faj, esetlegesen egy csonka negyedik nemzedék is lehet.
- 6) Meghatároztam és teszteltem a málnavessző-szúnyog elleni optimális védekezés idejét hőösszeg-számítás alapján ( $7\text{ °C}$  talajhőmérséklet felett 116 nap  $^{\circ}\text{C}$ ).
- 7) Megállapítottam, hogy száraz években bár a sebek gyorsan záródnak a sarjakon, de egy átlagos évben nem. A sarjsérülésekkel járó munkák kerülendőek az ültetvényben, hiszen az esti időszakban a nap bármely szakában keletkezett sebek alkalmasak tojásrakásra.



#### 4.5. A témakörben megjelent közlemények

##### *Folyóiratcikk*

##### *IF-es folyóiratcikk*

**Sipos, K.** and Péntes, B. (2012): Predicting the mass appearance of raspberry cane midge, *Resseliella theobaldi* BARNES (Diptera: Cecidomyiidae). International Journal of Pest Management (in press)

**Sipos, K.**, Madár S., Markó M. and Péntes, B. (2012): The possibility of automation of sex pheromone trapping: Tested on *Resseliella theobaldi* (BARNES) (Dip., Cecidomyiidae). African Journal of Agricultural Research, 7 (5): 1410-1413. (IF: 0,263 – 2011)

##### *Nem IF-es folyóiratcikk*

Vétek G., Szabó Y., Sárosi É., **Sipos K.**, Haltrich A., Fail J., Hajdú Zs., Szabó Á., Hári K. és Péntes B. (2010): A málnaültetvények integrált védelmének fejlesztését elősegítő rovar-tani kutatások eredményei. Kertgazdaság, 42 (1): 50–57.

**Sipos, K.** and Péntes, B. (2010): Study on the time of emergence of the first generation of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES). International Journal of Horticultural Science, 16 (2): 43–46.

**Sipos K.**, Vétek G. és Péntes B. (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) előrejelzési módszerének fejlesztése. Növényvédelem, 45 (7): 337-342.

**Sipos, K.**, Markó, M., Péntes, B. and Vétek, G. (2008): Study on the emergence of the raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES) on the basis of temperature data and catches of sex pheromone traps. International Journal of Horticultural Science, 14 (4): 23–26.

##### *Egyéb cikk*

**Sipos K.** (2010): A málnavessző-szúnyog megfigyelése egy málnatermesztő körzetben. Agroinform, 19 (9): 27.

**Konferencia kiadvány****Hazai konferencia kiadvány**

- Sipos K.** és Pénzes B. (2010): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) rajzásdinamikája a hőmérséklet függvényében. 15. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum, Debrecen, 2010. október 20-21. Agrártudományi Közlemények, Acta Agararia Debreceniensis, 2010/39. Különszám, pp. 61-64. ISSN: 1587-1282.
- Sipos K.**, Fejes-Tóth A., Balog F. és Pénzes B. (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) diszperziója. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. 2009. október 28-30., Budapest. Book of Abstract, pp. 214-215.
- Sipos K.** (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) rajzásdinamikája és napi aktivitása. XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció, 2009. április 6-8., Gödöllő. Előadások összefoglalói, pp. 258.
- Sipos K.**, Markó M., Ferenczy A. és Pénzes B. (2008): A talaj és levegő hőmérsékletének hatása a málnavessző-szúnyog rajzására. VIII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia. 2008. július 1-2., Budapest. p.27.
- Sipos K.** (2007): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) előrejelzési módszerének fejlesztése. XXVIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció, 2007. április 16-18., Debrecen. Előadások összefoglalói, pp. 242.

**Nemzetközi konferencia kiadvány**

- Sipos, K.** and Pénzes, B. (2011): Daily activity of the raspberry cane midge male (*Resseliella theobaldi*, BARNES) based on the data of the draughts of the sex pheromone traps. Pheromones and other semio-chemicals, IOBC/wprs Bulletin 72: 3-5.
- Sipos, K.**, Madár, S. and Pénzes B. (2011): A possibility of automated prediction of pests. Integrated Plant Protection of Soft Fruits, IOBC/wprs Bulletin, 70: 143-146.
- Sipos, K.** and Pénzes, B. (2011): The biology, lifestyle and control of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES). Global Conference on Entomology, March 5-9, 2011 Chiang Mai, Thailand. Programme and Abstracts. p. 598.
- Sipos, K.**, Véték, G. and Pénzes B. (2010): Monitoring raspberry cane midge (*Resseliella theobald* BARNES) in Hungary. IXth European Congress of Entomology, 22-27 August 2010, Budapest, Hungary. Programme and Book of Abstracts. p. 171.

## 5. Az eredmények megvitatása

### *A málnavessző-szúnyog imágók aktivitása*

Mind a hagyományos (a kereskedelmi forgalomban lévő), mind az automatizált szexferomon rovarcsapda fogások alapján a málnavessző-szúnyog hímek az esti órákban, 16 órától sötétedésig repültek intenzíven a szexferomonra. Ez megerősíti Stoyanov (1963) korábbi megfigyeléseit. Az óránként fogott egyedek száma alapján megállapítottam, hogy a málnavessző-szúnyog hímek mérsékelt számban, de nappal folyamatosan repülnek a feromonra, nemcsak 11:00 és 20:40 óra (G. M. T.) között, ahogy az Pitcher (1952) leírásában szerepel. Délelőtt 8–12 óra, valamint 12–16 óra között nagyjából azonos arányban repültek a hímek a csapdába, de a Hódosy (1965) és Stoyanov (1963) által megfigyelt kifejezett déli rajzást nem tapasztaltam. Stoyanov (1963) szerint nemcsak nappal, hanem éjszaka is repülnek, én ezt az automatizált szexferomon rovarcsapda adatsorán nem tapasztaltam. A meteorológiai adatok értékelése során megállapítottam, hogy csapadékos időszakokban, erős szélben nem repül a faj a csapdára, ahogy már korábban is leírták (Stoyanov 1963).

Esetemben feltehetően a nappali órákban fogott hímek a talajból kibújó, fiatal egyedek, amelyek az intenzív feromon illatra repültek a csapdába. Pitcher (1952) 9 és 11 óra között figyelte meg az imágók tömeges előbujását a talajból. A fogott hímek száma alapján napközben kevésbé érvényesült a szexferomon vonzó hatása, ezért feltehetően a nemek egymásra találása az általam tapasztalt esti órákban mehet végbe. Ezt a megállapítást alátámasztják a nőstényekkel végzett tojásrakási időszak megfigyelésének eredményei is. Ebben az esetben is az esti időszakban tapasztaltam intenzív tojásrakást a sarjakra. Ez alapján egyértelműen igazoltam, hogy a két nem párosodása az esti órákban zajlik, illetve, hogy a párosodást követően a nőstények rövid időn belül lerakják a tojásaikat. Ez ellentmond Pitcher (1952) megfigyeléseinek, aki szerint a kifejlődést követően azonnal párosodnak.

Az esti tojásrakási vizsgálatok alapján a sötétedés előtti időszakban, körülbelül fél órával korábban, csökken a tojásrakási kedv.

Megállapítottam, hogy száraz években bár a sebek gyorsan záródnak a sarjakon, de egy átlagos évben ez nem igaz. A sarjsérülésekkel járó munkák kerülendők az ültetvényben, hiszen az esti időszakban a nap bármely szakában keletkezett sebek alkalmasak tojásrakásra.

### ***Meteorológiai állomással kombinált automatizált rovarcsapda tesztelése***

Az automatizált szexferomon rovarcsapda a vizsgálataim alapján alkalmas a málnavessző-szúnyog csapdázására.

A hagyományos málnavessző-szúnyog szexferomon csapdák fogásait, valamint a távcsapda fogásait összehasonlítottam, a statisztikai értékelés alapján a fogások nem különböztek egymástól. Ezek alapján mind a rovarcsapda ház kialakítása, mind a házon lévő nyílások megfelelő méretűek, az illatanyag terjedése jó.

A fogási adatokat napenkénti vetületben is elemeztem. Egy-egy hónap során a napi fogások száma jelentősen ingadozott, de általában 20–60 hím repült a csapdába. Májusban fogtam a legkevesebb, míg augusztusban a legtöbb hímét. Májusban végeztek rovarölő szeres kezelést az imágók ellen, amely feltehetően visszavethette rajzásukat. Ezt követően hónapról-hónapra emelkedett a fogások száma augusztusig.

Megállapítottam, hogy a ragacslapok a cserét követően két-három napig fogják biztonsággal a hímeket, ezt követően csökken, gyakran leáll a hímek csapdára repülése. A jelenséget akkor is megfigyeltem, ha a ragacslap felülete még közel sem telítődött a csapdában elpusztult egyedekkel, vagyis feltehetően a bomló tetemekből felszabaduló illatanyagok taszítják el a csapdától az újabb hímeket. A ragacslapokat minimum heti egyszer, de a folyamatos repülés követéséhez, hetente kétszer javaslom cserélni. Így a rovarcsapda a málnavessző-szúnyog csapdázása esetében sajnos nem nélkülözheti a rendszeres felügyeletet, mert a ragacslapok automatikus cseréje nem megoldott.

A kamera felbontása, és az általa küldött képek minősége alkalmas az egyedek azonosítására. A korábbi rovarkövető eszközökben bár vezérelt számlálás volt (Schouest és Miller 1994, Litzkow és munkatársai 1997, Jiang és munkatársai 2008, Ho és munkatársai 1997), a fajok azonosítását csak utólag lehetett elvégezni.

A napelem által biztosított energia elegendő a számítógép, a kamera és a világítás üzemeltetésére.

A csapda adatai alapján napra pontosan meghatározható az ismert szexferomonnal rendelkező fajok első egyedeinek megjelenése a folyamatos követésnek köszönhetően. A rajzás kezdetének szignalizációja a távcsapda segítségével megoldható, hiszen az óránkénti, esetleg napi felvétel lehetőséget ad az első néhány egyed repülésének észlelésére.

A távcsapda fogásait tekintve az óránként repült egyedek száma alapján megállapítható a kártevő napi aktivitása, de utólag akár a tömeges repülésének ideje.

A csapda továbbfejlesztése javaslataim alapján remélhetőleg a közeljövőben megvalósulhat. Két fejlesztés nagyban segítené a csapda üzemeltetését. Egyrészt a ragacsos lapok cseréje a jelenlegi konstrukcióban még mindig a rendszeres emberi jelenlétet igényli az ültetvényben, ennek kiváltására egy hengerre tekercselt ragacsos lapot szeretnék, amelynek átfordítását a számítógép vezérelné. A második „újítási” javaslatom szerint a gép alkalmas lenne nemcsak a hőmérséklet mérésére, hanem a mért hőmérsékletek alapján a napi effektív érték kiszámolására, valamint az összegzésükre is, így a felhasználó az irodájából követhetné a hőösszeg alakulását, illetve az imágók megjelenését.

### ***A málnavessző-szúnyog biológiai nullpontjának és fejlődési idejének meghatározása***

Laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztam a málnavessző-szúnyog egy nemzedékének, valamint egyes fejlődési alakjainak alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét, valamint a kifejlődésükhöz szükséges effektív hőösszeget.

A különböző hőmérsékleteken eltérő egyedszámban sikerült a kártevő kinevelése. Ennek oka feltehetően a kevésbé előnyös hőmérsékleti pontokon (pl. 18 vagy 30 °C) való nagyon lassú, vagy nagyon gyors fejlődés.

Egy nemzedék kifejlődéséhez szükséges idő a hőmérséklet emelkedésével csökkent. Egy-egy fejlődési stádium esetén is, kivéve a bábstádiumot, ahol 30 és 25 °C-on ugyanannyi idő alatt fejlődtek.

Egy nemzedék kifejlődése vizsgálataimban

30 °C-on 19 nap – Stenseth (1972) szerint 16–28 nap;

25 °C-on 23 nap;

23 °C-on 26 nap;

20 °C-on 36 nap;

18 °C-on 60 nap – Stenseth (1972) szerint 32–55 nap.

Stenseth (1972) végzett méréseket 24 °C-on (18–32 nap), 21 °C-on (23–46 nap), 15 °C-on (44–67 nap) is. Az általa megadott intervallumok közelítik eredményeimet. Ezen túl szabadföldi megfigyelési adatok állnak rendelkezésre, amelyekkel hőmérsékleti adatok nem párosulnak. Pitcher (1952) a nyári nemzedékek kifejlődéséhez legkevesebb 24 napot, legfeljebb 75 napot tapasztalt. Hódosy és munkatársai (1964) 20–22 °C-on 45–50 napot figyelt meg, amely jelentősen meghaladja az általam mért értékeket.

Labruière és Nijveldt (1959), valamint Nijveldt (1963) szerint 10–16 nap alatt éri el a tojástartól számítva azt a fejlődési állapotot, amikor a lárvák elhagyják a sarjat. Gordon és Williamson (1991) többet, 14–21 napot figyelt meg. B. Balázs (1966) 18–25 napot írt. Vizsgálataim során hasonló eredményt kaptam. A lárvák a sarjat

- 30 °C-on 9 nap;
- 25 °C-on 11 nap;
- 23 °C-on 13 nap;
- 20 °C-on 18 nap;
- 18 °C-on 25 nap után hagyják el és esnek a talaj felszínére.

A talajban töltött idő, vagyis az előbáb és bábstádium fejlődési ideje méréseim szerint kis eltérést mutatott az eddigi leírásokhoz képest. Bár szintén nem állnak rendelkezésre hőmérsékleti adatok, de Pitcher (1952) szerint átlagosan 17 napot (13–25 napot), B. Balázs (1966) szerint 10–16 napot töltenek a talajban. Labruière és Nijveldt (1959), valamint Nijveldt (1963) 22–26 napot írtak. Mérésem alapján

- 30 °C-on 15 nap;
- 25 °C-on 12 nap;
- 23 °C-on 13 nap;
- 20 °C-on 19 nap;
- 18 °C-on 37 nap tölt előbáb és báb a talajban.

Az imágók életidejét is vizsgáltam, két napig éltek 23, 25 és 30 °C-on, három napig 20 °C-on és négy napig 18 °C-on. A hőmérséklet emelkedésével az imágók átlagos élettartama rövidült, hasonlóan más fajokhoz (Murai 2000). A korábbi irodalmakban az imágók élettartamára egy, de akár nyolc napot is megjelöltek, de hőmérsékleti adatokat nem közöltek az adatokkal (Pitcher 1952, Labruière és Nijveldt 1959, Nijveldt 1963, Stoyanov 1963).

A málnavessző-szúnyog fejlődési ideje a növényen, vagyis a lerakott tojásokból a lárvák kikelése, valamint a táplálkozó lárvastádiumok 159 nap °C-ot (12,3 °C felett) töltenek a növényen. A talajra eső, kifejlett lárvastádium, vagy előbáb (Stenseth 1972) 59 nap °C (16 °C felett) után bábozódik. A bábstádium 7,3 °C felett, 116 nap °C alatt alakul át imágóvá. Az előrejelzési modellhez e stádium fejlődési ideje és biológiai nullpontja szükséges. Az imágók 10,8 °C felett 33 nap °C ideig élnek. Külön számítást végeztem a teljes nemzedék kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszeg és az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet meghatározására, ami 12,3 °C felett, 345 nap °C.

*A málnavessző-szűnyog előrejelzése hőösszeg-számítás alapján*

Laboratóriumi méréseim alapján megállapítottam, hogy a talajban áttelelt lárva  $7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  felett bábozódik, majd ezt követően az imágók tömeges megjelenése 116 nap  $^{\circ}\text{C}$  után várható, vagyis a hőösszeg elérése után a védekezés javasolt az imágók ellen.

A kísérletes úton meghatározott előrejelzési módszert szabadföldi rajzásmegfigyelés adatai, valamint az ültetvényben mért talaj- és léghőmérsékleti adatok alapján teszteltem. A hőmérsékleti adatok mérése bár a különböző években más-más naptól indult, minden évben sikerült még a talaj  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra való felemelkedése előtt (10 cm mélyen) elindítanom az automata hőmérőt. Mind az öt évben a talajhőmérséklet  $+7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  fölé március harmadik dekádjában emelkedett. A 116 nap  $^{\circ}\text{C}$  általában április harmadik dekádjára összegyűlt minden évben, kivéve 2010-ben, amikor május első dekádjában érte el ezt az értéket az effektív hőösszeg. Érdekes azonban, hogy ebben az esztendőben emelkedett a talajhőmérséklet a legkorábban  $+7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  fölé, de a korai felmelegedést követően vontatottan emelkedett a talajhőmérséklet.

A számolt tömeges rajzás dátumát összevettem a szabadföldön, szexferomon csapdákkal végzett rajzásmegfigyelés adataival. Ezeket a megfigyeléseket heti csapdaleolvasással végeztem, így az effektív hőösszeg értékekre értéktartományt tudtam megadni. 2006-ban 131–176 nap  $^{\circ}\text{C}$  (május 1–9.) között tapasztaltam tömeges repülést az áttelelést követően, ez 2–10 nappal volt később, mint ahogy a számításaim szerint vártam (2006. április 29.). Fontos, hogy a megfigyeléseim alapján a hímek nem a teljes héten át repültek a csapdákra, hanem csak az első 1–3 napban. Így feltehetően május 1–3. között lehetett a tömeges repülés, amely mindössze 2–4 nappal következett be a vártnál később. 2007-ben 107–164 nap  $^{\circ}\text{C}$  (április 19–26.) között repültek a legnagyobb számban hímek a csapdára az első nemzedék idején. Számolásom alapján ideális esetben április 21-én lett volna. 2008-ban 132–186 nap  $^{\circ}\text{C}$  (május 2–9.) között volt a tömeges repülés. A 116 nap  $^{\circ}\text{C}$ -t április 30-án érte el a hőösszeg. 2009-ben április 20-án érte el az effektív hőösszeg az általam számolt értéket, a tömeges repülés ideje (április 19–24.) e körül volt 108–145 nap  $^{\circ}\text{C}$  között. 2010-ben ehhez hasonlóan, a számolt nap (május 7.) beleesett a tapasztalt tömeges repülési időbe (május 5–12.), amely 109–156 nap  $^{\circ}\text{C}$  között volt.

Az ötéves szabadföldi megfigyelési eredmények alapján bebizonyosodott, hogy Magyarországon az általam számolt értékek jól használhatóak az imágók tömeges repülésének előrejelzéséhez. Amennyiben sikeres az első nemzedék elleni növényvédő szeres kezelés, a nyári nemzedékek ellen nem szükséges a továbbiakban védekezni. Sokan az első nemzedék elleni

védelmet javasolják (Labruière és Nijveldt 1959, Stoyanov 1963, Gordon és munkatársai 1989, Gordon és Williamson 1991, Birch és munkatársai 2004).

Amennyiben az előző évi kártétel mértéke indokolja, az első nemzedék rajzáscsúcsát követően, hőösszeg számítás alapján (SET: 345 nap °C, LDT: 12,3 °C) a második nemzedék tömeges rajzása is „megállapítható”, így ekkor is elvégezhető az időzített kezelés, bár az éves rajzásgörbék és a kalkulált hőösszegek összevetése során is jelentős eltéréseket tapasztaltam.

Gordon és munkatársai (1989) által kidolgozott előrejelzési módszernél az általam megadott metódus a termesztők számára egyszerűbben használható. Az első tojások megjelenési idejének előrejelzése, majd ellenőrzése, vagyis sarjak mesterséges sebzése, amelybe lerakott tojások csak mikroszkóp segítségével láthatóak, körülményes módszer. A hőmérsékletek automata hőmérővel való mérése ma már akár a termesztők otthonából „elvégezhető”, a hőösszeg követés szintén automatikusan működik. A termesztőnek szinte csak az effektív hőösszeg értékének követése a feladata, majd a védekezés elvégzése. A két modell pontossága megközelítőleg azonos.

#### ***Az éves rajzásdinamika alakulásának megismerése a hőmérséklet függvényében***

A málnavessző-szúnyog hímek a 2006–2010. közötti szexferomon csapdás rajzásmegfigyelése alapján a fajnak hazánkban több nemzedéke fejlődik ki. Általában az első, esetleg a második nemzedék különíthető el, azonban a nyári nemzedékek átfednek. A hímek a megfigyelt években április második felében jelentek meg az ültetvényben, és egészen szeptember végéig, illetve október elejéig változó egyedszámban, de folyamatosan repültek a szexferomon csapdákra.

A szabadföldi rajzásmegfigyelés alapján nehéz elkülöníteni a nyári nemzedékeket egymástól, sokszor látszólagos tömeges rajzás jelenik meg hirtelen hőmérséklet csökkenések, esetleg viharos időjárás miatt (pl. 2010) csökkenő, majd azt követően emelkedő fogások miatt, ezért ebben az időszakban a rajzásgörbe helyes értelmezéséhez elengedhetetlen az effektív hőösszeg ismerete.

Eredményeink megerősítik a korábbi irodalmi adatokat, amelyek szerint Magyarországon a fajnak általában három nemzedéke fejlődhet ki, meleg években esetleg egy negyedik csonka nemzedék is megjelenhet (B. Balázs 1966). Ellentmond azonban Cross és munkatársai (2008) eredményeinek, amely szerint négy nemzedék jellemző nálunk a szexferomon csapdák fogásai alapján. Az effektív hőösszeg alapján a vizsgálati években három nemzedék kifejlődése lehetséges, egy évben (2007) számoltam négy nemzedék kifejlődéséhez elegendő hőösszeget, azonban ez az év egy kiemelkedően meleg esztendő volt.



## 6. Összefoglalás

A kutatásaim és megfigyeléseim során a málnavessző-szúnyog elleni védekezés idejének előrejelzését tűztem ki célul. A kártevők előrejelzéséhez, így a málnavessző-szúnyog esetén is szükséges a faj életmódjának és biológiájának széleskörű ismerete.

A munkám során végeztem szabadföldi és laboratóriumi vizsgálatokat egyaránt. A szabadföldi megfigyelések során szexferomon csapdát használtam a hímek éves rajzásának követéséhez, valamint a napi aktivitás vizsgálatokhoz. A nőtényeknél a napi aktivitás vizsgálat során a tojásrakási időszakot térképeztem fel, amelyhez mesterségesen sebzett sarjak módszerét használtam.

A laboratóriumi vizsgálatok során a kártevő fejlődéséhez szükséges alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet (biológiai nullpontot), valamint a fejlődési időt (effektív hőösszeg) határoztam meg. Az egyes fejlődési szakaszokra kiszámoltam ezeket az értékeket, azonban a kártevő előrejelzéséhez a bábstádiumhoz tartozó biológiai nullpont és effektív hőösszeg szükséges.

### *Az automatizált rovarcsapda tesztelése*

A vizsgálat során megállapítottam, hogy az automatizált, meteorológiai állomással egybeépített szexferomon rovarcsapda alkalmas a málnavessző-szúnyog hímek megfigyelésére. A készülék a gyakorlati növényvédelemben a kártevő rajzásmegfigyelésére, továbbá a faj biológiájának részletesebb megismerésére (napi aktivitás, rajzásmenet, szaporodási idő meghatározása, vertikális elhelyezkedés) is alkalmas.

A málnavessző-szúnyog szexferomon csapdák fogásait, valamint az ugyanarra a területre kihelyezett távcsapda fogásait összehasonlítottam. A statisztikai értékelés alapján a fogások nem különböztek egymástól. Ezek alapján mind a rovarcsapda ház kialakítása, mind a házon lévő nyílások megfelelő méretűek, az illatanyag terjedése jó. A kamera felbontása, és az általa küldött képek minősége alkalmas az egyedek azonosítására. A napelem által biztosított energia elegendő a számítógép, a kamera és a világítás üzemeltetésére.

A napi fogási adatok alapján megállapítottam, hogy a ragacslapok a cserét követően 2–3 napig fogják biztonsággal a hímeket. Ezután csökken, gyakran leáll a hímek csapdára repülése. A jelenséget akkor is megfigyeltem, amikor a ragacslap felülete még nem telítődött a csapdában

elpusztult egyedekkel. Ezért a rovarcsapda a málnavessző-szúnyog csapdázása esetében sajnos nem nélkülözheti a rendszeres felügyeletet, mert a ragacsos lapok automatikus cseréje nem megoldott. Tapasztalataim alapján a megfigyelt fajnál a ragacsos lapok cseréje, telítődéstől függetlenül legkésőbb három–négy naponként szükséges a folyamatos monitorozáshoz.

### ***Az imágók aktivitásának feltérképezése***

Vizsgálataim során meghatároztam a málnavessző-szúnyog hím és nőstény imágók napi aktivitását.

Hímek esetén szabadföldi szexferomon csapdás megfigyeléseket végeztem hagyományos delta (AgriSense Ltd.), valamint automatizált szexferomon rovarcsapdával. Az óránként fogott egyedszámok alapján a málnavessző-szúnyog hímek mérsékelt egyedszámban, de folyamatosan repülnek nappal a szexferomonra. Két rajzáscsúcs különíthető el, egy délelőtti, és egy erősebb kora esti csúcs rajzolódik ki. A délelőtti csúcs gyakran elmarad, de az esti erős rajzás mindig jelentkezik. Megállapítottam, hogy csapadékos időszakokban, erős szélben nem repül a faj a csapdára.

A nőstények esetén mesterségesen sebzett sarjakra történő tojásrakást figyeltem meg. Elkülönítettem egy esti erős aktivitást, amely késő délutántól sötétedésig tartott. Megállapítottam, hogy bár a nem öntözött állományokban, száraz évben a sarjakon keletkező sebek gyorsan záródnak, egy átlagos évben a reggeli órákban keletkezett sebzések este is megfelelőek a petéhez.

### ***A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása***

Laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztam a málnavessző-szúnyog egy nemzedékének, valamint egyes fejlődési alakjainak (pete-L3; előbáb; báb; imágó) alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét, valamint a kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszeget.

A sebzésekben élő fejlődési alakok (pete-L3) 12,3 °C felett 159 nap °C-ot ( $R^2=0,99$ ) töltenek a sarjon. A talajban fejlődő előbáb 16 °C felett 59 nap °C alatt alakul át bábbá ( $R^2=0,90$ ). A bábból 7,3 °C felett 116 nap °C fejlődnek ki az imágók ( $R^2=0,90$ ). Az imágók 10,8 °C felett 33 nap °C ideig élnek ( $R^2=0,97$ ). Egy teljes nemzedék kifejlődéséhez 12,3 °C felett ( $R^2=0,95$ ) 345 nap °C szükséges. Magyarországon az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet feletti effektív hőmérsékletek alapján 2006–2010 között három nemzedéke volt, kivéve 2007-ben, amikor egy negyedik nemzedéke is kifejlődhetett a rendelkezésre álló effektív hőösszeg szerint.

***A málnavessző-szúnyog elleni védekezés időzítése***

Szabadföldön végzett megfigyelések alapján teszteltem a kísérletesen úton meghatározott előrejelzési módszert. 5 éven keresztül (2006–2010) szexferomon csapdával követtem a málnavessző-szúnyog hím imágók rajzását egy málnaültetvényben (Berkenye). Ezzel párhuzamosan egy automata talaj- és léghőmérővel (TGP-4510) fél óránként mértem a talaj- és léghőmérsékletet. Az előbbi 10 cm mélyen, az utóbbit 50 cm magasságban. Ezen adatsor alapján napi átlagot számoltam, majd a laboratóriumi mérések alapján meghatározott biológiai nullpont feletti hőmérsékleteket összegeztem, és meghatároztam azt a dátumot, amikor az általam megállapított effektív hőösszeg összegyűlt. Az első nemzedék tömeges megjelenése minden évben megbízhatóan előrejelezhető eredményeim alapján.

A javasolt előrejelzési módszer szerint tél végétől javasolt talajhőmérővel követni a napi középhőmérsékleteket, 7 °C-ot meghaladó napi értékek összegzésével 116 nap °C elérését követően várhatjuk a hímek tömeges repülését, vagyis javaslatom szerint ekkor célszerű védekezni a kártevő ellen.

## 7. Summary

The aim of my research was to predict the time of protection against the raspberry cane midge. For the prediction of pests, including the raspberry cane midge, knowing their biology and lifestyle in detail is essential.

Open-field studies and also laboratory experiments were carried out during my PhD work. The raspberry cane midge males were monitored with sex pheromone traps with which the daily activity of males was followed. The daily activity of the females was observed only indirectly by determining the time of oviposition. For this investigation, artificially wounded primocanes were used.

In the laboratory experiments the lower developmental threshold (LDT) and the sum of effective temperature (SET) of some developmental stages of the raspberry cane midge were determined. It was concluded that the data (LDT and SET) of pupa are necessary for the prediction of the mass appearance of adults

### *Testing of the automated insect trap*

According to my observations, the automated sex pheromone trap with a built-in meteorological meter, combined with a computer system and a camera makes it possible to observe the raspberry cane midge males. The gadget is multi-purpose: it can be used for emergence of the males, as well as for gaining thorough knowledge of the biology of the species (such as daily activity, emergence, determining reproduction time, vertical location).

The catches of the sex pheromone trap (AgriSense Ltd.) and the automated trap were compared, and based on the statistical analysis, no significant difference was found ( $t=1,389$ ;  $df=25$ ;  $SL=0,177$ ). On the basis of this, the design of the insect trap house is suitable, its openings are the right size and the spread of the pheromone is good. The resolution of the camera and the quality of the photos transmitted are suitable for identifying the specimens. The energy provided by the solar cell is enough to operate the computer, the camera and the lighting. Based on the daily catches it has been found that the sticky sheets catch males at a high level of efficiency for 2–3 days after being changed. After this, the number of males decreases or they often stop flying to the traps. This phenomenon was also observed when the surface of the sticky sheets was not full of specimens caught in the traps. This requires continuous monitoring because the automated change of sticky sheets has not been solved yet. According to my

experience, in the case of the species observed change of the sticky sheets is necessary every 3–4 days, irrespective of the density of the catch.

### ***The daily activity of adults***

The daily activity of the raspberry cane midge males and females were studied by sex pheromone traps checked every hour (AgriSense Ltd.) and an automated trap with a built-in meteorological meter (Madomat Kft.).

On the basis of the number of specimens caught hourly it was found that in daytime the raspberry cane midge males fly in low numbers but continuously to the pheromone. Two peaks of emergence can be separated: one in the morning, and a stronger one early in the evening/at twilight. The morning peak is often missing, whereas the strong emergence in the evening always takes place. Analysing the meteorological data it was concluded that in rainy weather and strong winds the males do not fly to the traps.

The time of oviposition was studied on artificially wounded canes. It was found that eggs were laid from late afternoon to twilight. Based on my examinations of artificially wounded canes, it has been concluded that the wounds of the canes incised were most probably dried out in a non-irrigated plantation in a dry year, but a normally year no.

### ***Determining the lower temperature threshold and effective accumulated temperature***

The development of the raspberry cane midge was studied under laboratory conditions at five constant temperatures (18, 20, 23, 25 and 30 °C). Based on these data the lower developmental threshold and the sum of effective temperature of some developmental stages of midge (egg-3<sup>rd</sup> stage of larvae; prepupa; pupa; adult) were determined.

The developmental stages living in the wounds of canes (egg-3<sup>rd</sup> stage of larvae) spend 159 day degree above 12,3 °C ( $R^2=0,99$ ) on the canes. For pupation of the overwintering larval stage (prepupa) 59 day degree above 16 °C ( $R^2=0,90$ ) is necessary. The lower temperature threshold of the pupa stage is 7,3°C and the effective accumulated temperature is 116 degree days ( $R^2=0,90$ ). The adults live 33 day degree above 10,8 °C ( $R^2=0,97$ ). The effective accumulated temperature necessary for the development of one generation is 345 degree-days (above 12,3 °C) ( $R^2=0,95$ ).

Based on effective accumulated temperature (above lower developmental threshold) necessary for the development of one generation, the pest generally had three generations in open field in Hungary 2006-2010, but a fourth generation may have developed in 2007.

***The timing of control against the overwintering population of raspberry cane midge***

The results obtained in the laboratory experiment were compared with the data gained in open-field studies of five years (2006-2010) where temperatures were recorded and emergence was monitored with sex pheromone traps in a raspberry plantation (Berkenye).

During these years, apart from monitoring the flight activity, temperatures were recorded every half hour with an automatic soil and air thermometer (TGP-4510). The soil thermometer was placed 10 cm deep in the soil, and the air thermometer in a cardboard box with airing was attached to the trellis at a height of 50 cm. Daily average was calculated from the temperatures recorded. Following this, the day was determined when the soil temperature raised above the lower temperature threshold recorded in the laboratory. From this day onward, the values of the soil temperature above the lower temperature threshold were added daily. It has been found that our method based on calculating degree-days is suitable for predicting the first flight of males, thus suitable for the timing of control against the overwintering population.

Based on my prediction method, the daily soil temperature is measured after winter. After reaching 116 degree-days above 7 °C, the mass appearance of males can be expected, and the chemical control against the adult males is recommended.

## 8. Irodalomjegyzék

1. **Ambrus M.** (1972): A málnavessző gubacslégy, *Thomasiniana theobaldi* (Barnes) kártétele. In: Papp J. (szerk.): Folia Entomologica Hungarica, 25: 493–495.
2. **Ambrus B.** (1994): Málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES). In: Jermy T. és Balázs K. (szerk.): A növényvédelmi állattan kézikönyve 5. – Akadémiai Kiadó, Budapest. 70–71.
3. **Arbogast, R. T., Kendra, P. E., Weaver, D. K. and Shuman, D.** (2000): Insect infestation of stored oats in Florida and field evaluation of a device for counting insects electronically. Journal of Economic Entomology, 93 (3): 1035–1044.
4. **Barnes, H. F.** (1944): Investigations on the raspberry cane midge, 1943-44. Journal of the Royal Horticultural Society, 69: 370–375.
5. **Barnes, H. F.** (1948): Gall midges of economic importance. Vol. III: Gall midges of fruit. – Crosby Lockwood, London, 184 pp., 9 pls.
6. **Barrie, I. A., Johnson, C. A. and Gordon, S. C.** (2000): An appraisal of the UK raspberry cane midge prediction system and its application under differing European climates. Third European Conference on Applied Climatology (ECAC2000), Pisa, Italy, 16–20 October
7. **B. Balázs K.** (1966): Málnásaink védelmében! Kertészet és Szőlészet, 15 (4): 13.
8. **Balázs K.** (1971): Állati kártevők. In: Balázs K. és Vajna L. (1971): Bogyós gyümölcsűek védelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 121–149.
9. **Bergant, K. and Trdan, S.** (2006): How reliable are thermal constants for insect development when estimated from laboratory experiments? Entomologica Experimentalis et Applicata, 120: 251–256.
10. **Béres I. és Fischl G.** (1974): A málna-tőpusztulás és az ellene való védekezés. Növényvédelem, 10 (1): 62–64.
11. **Birch, A. N. E., Gordon, S. C., Fenton, B., Malloch, G., Mitchell, C., Jones, A. T., Griffiths, D. W., Brennan, R., Graham, J. and Woodford, J. A. T.** (2004): Developing a sustainable IPM system for high value *Rubus* crops (raspberry, blackberry) for Europe. Acta Horticulturae, 649: 289–292.
12. **Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P. and Mackauer, M.** (1974): Temperature requirements of some aphids and their parasites. Journal of Applied Ecology, 11: 431–438.

13. **Cross, J. V., Baroffio, C., Grassi, A., Hall, D., Łabanowska, B., Milenković, S., Nilsson, T., Shternshis, M., Tornéus, C., Trandem, N. and Véték, G.** (2008): Monitoring raspberry cane midge, *Resseliella theobaldi*, with sex pheromone traps: results from 2006. Integrated Plant Protection in Soft Fruits IOBC/wprs Bulletin, 39: 11–17.
14. **Cross, J. V. and Berrie, A.** (2006): The challenges of developing IPM programmes for soft fruit crops that eliminate reportable pesticide residues. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14 (3): 49–58.
15. **Cross, J. V. and Hall, D. R.** (2005): Sex pheromone of raspberry cane midge. Presentation at Soft Fruit Conference, Ashford, 23-24 November 2005, pp. 1–5.
16. **Darvas, B., Skuhrová, M. and Andersen, A.** (2000): Agricultural dipteran pests of the Palaearctic region. pp. 565–649. In: Papp, L. and Darvas, B. (eds.): Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera 1: General and Applied Dipterology. – Science Herald, Budapest, 978 pp.
17. **Dénes, F.** (2009): Influence of climate change on small fruit species in Hungary. Biotic and abiotic stress prevention in integrated berry fruit production, Sofia Bulgaria 9-11 March 2009. Programme and abstracts, pp. 13.
18. **Epsky, N. D. and Shuman, D.** (2001): Laboratory evaluation of an improved electronic grain probe insect counter. Journal of Stored Products Research, 37: 187–197.
19. **Fritzsche, R.** (1958): Beiträge zur Ätiologie des Himbeerrutensterbens. Archiv für Gartenbau, 6 (3-4): 171–216.
20. **Gajek, D. and Jörg, E.** (2003): Status of integrated production of soft fruit in Europe. Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits, IOBC/wprs Bulletin, 26 (2): 1–6.
21. **Garretson, J. E.** (1996): Automatic insect trap using infrared beam of radiation. United States Patent, 749, 948.
22. **Garro, D. F.** (1994): Automatic trap for catching cockroaches. United States Patent, 247, 339.
23. **Glits M., Balázs K., Szántóné Veszélka M. és Kiss A.** (2001): A málna védelme. Növényvédelem, 37 (8): 397–415.
24. **Godáné Biczó M.** (1992): A málna növényegészségügyi helyzete, szakszerű növényvédelmének szaktanácsadási tapasztalatai Győr környékén 1991-ben. Növényvédelem, 28 (3): 121–124.
25. **Gordon, S. C., Barrie, I. A., Grassi, A., Zini, M., Tuovinen, T., Lindqvist, I., Höhn, H., Schmid, K., Breniaux, D. and Brazier, C.** (2002a): Development of a Pan-European



- monitoring system to predict emergence of first-generation raspberry cane midge in raspberry. *Acta Horticulturae*, 585: 303-307.
26. **Gordon, S. C., Barrie, I. A. and Woodford, J. A. T.** (1989): Predicting spring oviposition by raspberry cane midge from accumulated derived soil temperatures. *Annals of Applied Biology*, 114: 419–427.
  27. **Gordon, S. C. and Hargreaves, A. J.** (1973): Raspberry cane midge. Report of the Scottish Horticultural Research Institute for 1972, p. 80.
  28. **Gordon, S. C. and Williamson, B.** (1991): Raspberry cane midge. pp. 75–76. In: Ellis, M. A., Converse, R. H., Williams, R. N. and Williamson, B. (eds.): *Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Insects*. – APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 128 pp.
  29. **Gordon, S. C. and Woodford, J. A. T.** (2000): Aims and objectives of reduced application of chemicals in European raspberry production (RACER) project. *IOBC/wprs Bulletin*, 23 (11): 73–79.
  30. **Gordon, S. C., Woodford, J. A. T. and Birch, A. N. E.** (1997): Arthropod pests of *Rubus* in Europe: Pest status, current and future control strategies. *Journal of Horticultural Science*, 72 (6): 831–862.
  31. **Gordon, S. C., Woodford, J. A. T., Williamson, B., Birch, A. N. E. and Jones, A. T.** (1999): Progress towards Integrated Crop Management (ICM) for European raspberry production. Annual Report of the Scottish Crop Research Institute. pp. 153-156. ([www.fruitgateway.co.uk](http://www.fruitgateway.co.uk))
  32. **Gordon, S. C., Woodford, J. A. T., Williamson, B., Grassi, A., Höhn, H. and Tuovinen, T.** (2002): The 'RACER' Project – A Blueprint for *Rubus* IPM Research. *Acta Horticulturae*, 585: 343–346.
  33. **Gotoh, T., Yamaguchi, K. and Mori, K.** (2004): Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 32: 15–30.
  34. **Graham, J. and Jennings, N.** (2009): Raspberry Breeding. In: Jain, S. M. and Priyadarshan, P. M. (eds.): *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species*, pp. 233–248.
  35. **Graham, J., Smith, K., Tierney, I., MacKenzie, K. and Hackett, C. A.** (2006): Mapping gene H controlling cane pubescence in raspberry and its association with resistance to cane botrytis and spur blight, rust and cane spot. *Theor. Appl. Genet.*, 112: 818–831.
  36. **Gunn, L. C. and Foster, G. N.** (1978): Observations on the phenology of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi*, (Barnes), Diptera, Cecidomyiidae) in the west Scotland. *Horticultural Research*, 17: 99–105.

37. **Hall, D. R., Farman, D. I., Cross, J. V., Pope, T. W., Ando, T. and Yamamoto, M.** (2009): (S)-2-Acetoxy-5-Undecanone, female sex pheromone of the raspberry cane midge, *Resseliella theobaldi* (Barnes). *Journal Chemical Ecology*, 35: 230–242.
38. **Ho, S. H., Fan, L. and Boon, K. S.** (1997): Development of a PC-based Automatic Monitoring System for *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in a Rice Warehouse. *J. stored Prod. Res.*, 33 (4): 277–281.
39. **Hódosy S.** (1965): Adatok a málnavesszőpusztulás magyarországi kóroktanához. *MTA Agrártudományi Osztály Közleményei*, 24: 91–106.
40. **Hódosy S., Tóth Gy. és Kollányi L.** (1964): A málnavessző-szúnyog megjelenése hazánkban. *Kertészet és Szőlészet*, 2.p. 20–21.
41. **Hoffmann, W. C., Jank, P. C., Klun, J. A. and Fritz, B. K.** (2010): Quantifying the movement of multiple insects using an optical insect counter. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26 (2): 167–171.
42. **Höhn, H.** (1991): Farbtafeln zur Schädlingsüberwachung im Beerenanbau. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 127 (9): 249–252.
43. **Honěk, A.** (1996): Geographical variation in thermal requirements for insect development. *European Journal of Entomology*, 93: 303–312.
44. **Jennings, D. L., Brennan, R. and Gordon, S. C.** (2003): Commercial breeding for pest and disease resistance in cane and bush fruits. *Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits*, IOBC/wprs Bulletin, 26 (2): 67–72.
45. **Jiang, J-A., Tseng, C-L., Lu, F-M., Yang, E-C., Wu, Z-S., Chen, C-P., Lin, S-H., Lin, K-C. and Liao, C-S.** (2008): A GSM-based remote wireless automatic monitoring system for field information: A case study for ecological monitoring of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Computers and Electronics in Agriculture*, 62: 243–259.
46. **Łabanowska, B. H. and Cross, J.** (2008): Raspberry cane midge – *Resseliella theobaldi* (Barnes) – flight and egg laying dynamics on raspberry fruiting on two year old canes. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16: 315–323.
47. **Labruyère, R. E. and Engels, G. M. M. T.** (1963): Het stengelziektevraagstuk van de framboos II. – Over schimmels als oorzaak van de stengelziekten van de framboos en hun samenhang met het optreden van de frambozeschorzgalmug. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 69: 235–257.
48. **Labruyère, R. E. and Nijveldt, W. C.** (1959): Stengelziekte en stengelsterfte bij de framboos. *Mededelingen directeur van de Tuinbouw*, 22 (3): 168–176.

49. **Li, D.** (1998): A linear model for description of the relationship between the lower threshold temperature and thermal constant in spiders (Araneae: Arachnida). *Journal of Thermal Biology*, 23 (1): 23–30.
50. **Litzkow, C. A., Shuman, D., Kruss, S. and Coffelt, J. A.** (1997): Electronic grain probe insect counter (EGPIC). United States Patent, 390, 834.
51. **Liu, Y. and Haynes, K. F.** (1993): Automated adjustable interval insect trap. United States Patent, 119, 276.
52. **McDonald, J. R., Bale, J. S. and Walters, F. A.** (1998): Effect of temperature on the development of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *European Journal of Entomology*, 95: 301–306.
53. **McNicol, R. J., Williamson, B., Jennings, D. L. and Woodford, J. A. T.** (1983): Resistance to raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi*) and its association with wound periderm in *Rubus crataegifolius* and its red raspberry derivatives. *Annals of Applied Biology*, 103: 489–495.
54. **Mihályi F.** (1972): Kétszárnyúak – Diptera, Általános bevezetés. Magyarország Állatvilága, Fauna Hungariae. XIV. kötet. pp. 75.
55. **Milenković, S. and Stanisavljević, M.** (2003): Raspberry pests in Serbia. *Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits*, IOBC/wprs Bulletin, 26 (2): 23–27.
56. **Murai, T.** (2000): Effect of temperature on development and reproduction of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on pollen and honey solution. *Applied Entomology and Zoology*, 35 (4): 499–504.
57. **Nijveldt, W.** (1963): Het stengelziektevraagstuk van de framboos. The stem disease problem of raspberry. – I. Biologie, fenologie en bestrijding van de frambozeschorsgalmug (*Thomasiniana theobaldi*) in verband met het optreden van stengelziekte op framboos in Nederland. Biology, phenology and control of the raspberry cane midge, which is closely associated with fungal diseases or blight on raspberries in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 69: 221–234.
58. **Nilsson, T.** (2008): Raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi*) biology, control methods and monitoring. *Diplomadolgozat*. pp. 29.
59. **Ohta, I.** (2001): Effects of temperature on development of *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) fed on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36 (4): 483–488.
60. **Olszak, R. W., Labanowska, B. H., Bielenin, A. and Gajek, D.** (2000): Prospects of developing methods of small fruit production in Poland. *IOBC/wprs Bulletin*, 23 (11): 1–6.

61. **Petitt, F. L., Shuman, D. S., Wietlisbach, D. O. and Coffelt, J. A.** (1996): An automated system for collection and counting of parasitized leafminer (Diptera: Agromyzidae) Larvae. *Florida Entomologist*, 79 (3): 450–454.
62. **Pitcher, R. S.** (1952): Observations on the raspberry cane midge (*Thomasiniana theobaldi*, Barnes). I. Biology. *Journal of Horticultural Science*, 27: 71–94.
63. **Pitcher, R. S.** (1955): The larval instars of some gall midges of the genus *Thomasiniana* Strand, E., 1916 (Diptera: Cecydomyidae). *Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A)*, 30: 97–102.
64. **Pitcher, R. S. and Webb, P. C. R.** (1952): Observations on the raspberry cane midge (*Thomasiniana theobaldi* Barnes). II. “Midge blight”, a fungal invasion of the raspberry cane following injury by *T. theobaldi*. *Journal of Horticultural Science*, 27 (2): 95–100.
65. **Porcsa I.** (1993): Lépések az integrált termék előállítására szamóca és málna kultúrában. *Növényvédelem*, 29 (1–2): 72–73.
66. **Révész A.** (2002): Új lehetőségek az empirikus hőösszeg modellezésében. Szimuláció és monitoring az agrárökoszisztémák vizsgálatában III. *Agrárinformatika 2002*. Debrecen, 2002. augusztus 27-28. Összefoglaló kötet. 326–334.
67. **Schmid, K., Höhn, H., Graf, B. and Höpli, H. U.** (2001): Himbeerrutengallmücke: Die Prognose des Eiablagezeitpunkts – Voraussetzung für eine erfolgreiche Bekämpfung. *Schweiz. Z. Obst und Weinbau*, 137 (1): 17–20.
68. **Schmith, V. V.** (2003): The role of certification schemes in integrated crop management of soft fruit in Scotland. *Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits*, IOBC/wprs Bulletin, 26 (2): 7–10.
69. **Schouest, L. P. and Miller, T. A.** (1994): Automated pheromone traps show male pink booworm (Lepidoptera: Gelechiidae) mating response is dependent on weather conditions. *Journal of Economic Entomology*, 87 (4): 965–974.
70. **Seemüller, E., Kartte, S. and Erdel, M.** (1988): Penetration of the periderm of red raspberry canes by *Leptosphaeria coniothyrium*. *J. Phytopathology*, 123: 362–369.
71. **Shternshis, M.** (2005): Biopreparations for plant protection in Siberia: application and enhancement of activity. *Journal of Agricultural Technology*, 1 (1): 1–18.
72. **Shternshis, M. V., Beljaev, A. A., Shpatova, T. V., Bokova, J. V. and Duzhak, A. B.** (2002): Field testing of BACTICIDE ®, PHYTOVERM ® and CHITINASE for control of the raspberry midge blight in Siberia. *Biocontrol*, 47: 697–706.

73. **Shternshis, M. V., Beljaev, A. A., Shpatova, T. V., Duzhak, A. B. and Panfilova, Z. I.** (2006): The effect of chitinase on *Didymella applanata*, the causal agent of raspberry cane spur blight. *Biocontrol*, 51: 311–322.
74. **Shternshis, M. V. and Shpatova, T. V.** (2007): Preparation with activity against pest insects and plant pathogens. *Plant Science*, 44: 244–247.
75. **Shuman, D. and Epsky, N. D.** (2001): Commercialization of the Electronic Grain Probe Insect Counter. *Proceeding of an International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, Fresno, CA. 29 Oct. – 3 Nov. 2000, pp. 665–677.
76. **Stenseth, C.** (1972): Effect of Temperature on Development of *Thomasiniana theobaldi* Barnes (Dipt., Cecidomyiidae). *Norwegian Journal of Entomology*, 19 (1): 33–37.
77. **Stoyanov, D.** [Стоянов, Д.] (1963): Проучвания върху малиновото комарче - *Thomasiniana theobaldi* Barnes в България. *Bulletin of the Institute of Plant Protection – Kostinbrod Railway Station* [Известия на Института за Защита на Растенията – Гара Котинброд], 4: 41–66.
78. **Szántóné Veszélka, M. and Fajcsi, M.** (2003): Changes of the dominance of arthropod pest species in Hungarian raspberry plantations. *Integrated Palnt Protection in Orchards – Soft Fruits*, IOBC/wprs Bulletin, 26 (2): 29–36.
79. **Tanasković, S. and Milenković, S.** (2010): Monitoring of flight phenology of raspberry cane midge *Resseliella theobaldi* Barnes (Diptera: Cecidomyiidae) by pheromone in Western Serbia. *Acta Entomologica Serbica*, 15 (1): 81–90.
80. **Toews, M. D., Phillips, T. W. and Shuman, D.** (2003): Electronic and manual monitoring of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Laemophloeidae) in stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, 39: 541–554.
81. **Tóth, P., Tóthová, M. and Váňová, M.** (2006): First records of *Resseliella theobaldi* (Diptera, Cecidomyiidae) an important pest of raspberry from Slovakia. *Biologia, Bratislava*, 61 (2): 239–240.
82. **Trudgill, D. L., Honek, A., Li, D. and Straalen, N. M.** (2005): Thermal time – concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146: 1–14.
83. **Urra, F. and Apablaza, J.** (2005): Threshold temperature and thermal constant for the development of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). *Cien. Inv. Agr.* 32 (1): 16–23.
84. **Vajnai L. és Mezei A.** (2001): A málna növényvédelme Nógrád megyében. *Növényvédelem*, 37 (8): 416.
85. **Vétek G.** (2008): Vesszőpusztulást okozó málnakártevők környezetkímélő populáció-szabályozása. *Doktori értekezés*. pp. 153.

86. **Vétek G., Fail J. és Péntes B.** (2005): Málnafajták ellenállósága a málnavessző-szúnyoggal szemben. *Kertgazdaság*, 37 (1): 66–72.
87. **Vétek, G., Fail, J. and Péntes, B.** (2006a): Susceptibility of raspberry cultivars to the raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14 (3): 61–66.
88. **Vétek G. és Péntes B.** (2004): Vesszőkártévők előfordulása termővesszőn és sarjon termő málnaültetvényekben. *Növényvédelem*, 40 (1): 3–10.
89. **Vétek, G. and Péntes, B.** (2005): The effect of different growing methods on the incidence of cane pests in Hungarian raspberry plantations. *IOBC wprs Bulletin*, 28 (7): 229–232.
90. **Vétek, G. and Péntes, B.** (2008): The possibilities of organic raspberry production setting a Hungarian example. *Proceedings of international scientific conference „Sustainable fruit growing: from plant to product”, May 28-31, 2008 Jūrmala – Dobeles, Latvia.* pp. 233–242.
91. **Vétek, G., Thuróczy, C. and Péntes, B.** (2006b): Interrelationship between the raspberry cane midge, *Resseliella theobaldi* (Diptera: Cecidomyiidae) and its parasitoid, *Aprostocetus epicharmus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96: 367–372.
92. **Weber, W. S. and Entrop, A.-P.** (2008): *Fusarium avenaceum*, Haupterreger der Himbeerrutenkrankheit in Norddeutschland. *Erwerbs-Obstbau*, 50: 109–115.
93. **Williamson, B. and Hargreaves, A. J.** (1979a): A technique for scoring midge blight of red raspberry, a disease complex caused by *Resseliella theobaldi* and associated fungi. *Annals of Applied Biology*, 91: 297–301.
94. **Williamson, B. and Hargreaves, A. J.** (1979b): Fungi on red raspberry from lesions associated with feeding wounds of cane midge (*Resseliella theobaldi*). *Annals of Applied Biology*, 91: 303–307.
95. **Woodford, J. A. T. and Gordon, S. C.** (1978a): The history and distribution of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* (BARNES) = *Thomasiniana theobaldi* BARNES), a new pest in Scotland. *Horticultural Research*, 17: 87–97.
96. **Woodford, J. A. T. and Gordon, S. C.** (1978b): Virus-like symptoms in red raspberry Leaves caused by fenitrothion. *Plant Pathology*, 27: 77–81.
97. **Woodford, J. A. T. and Gordon, S. C.** (1988): Alternatives to vigour control with dinoseb as a means to control raspberry cane midge and midge blight in red raspberry cv. Glen Clova. *Journal of Horticultural Science*, 63 (4): 587–593.
98. **Zhou, P-W., Wong, H. and Cheng, S. H.** (1988): Insect trap. United States Patent, 217: 858.

## Köszönetnyilvánítás

Minden kis és nagy mű mögött emberek sokasága áll, ez esetben élükön **Dr. Pénzes Béla** egyetemi tanár, a Rovartani Tanszék tanszékvezetője, a témavezetőm.

A sokaságban számos tudományterület képviselője jelen volt. **Dr. Markó Márton** (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont), akitől többek között az automatizált rovarcsapda ötlete származik, de neki köszönhetem, hogy ma már doktori kutatásaim eredményét közölhetem. **Madár Sándor** (Madomat Kft.), aki megtervezte és megalkotta a készüléket. **Dr. Vétek Gábor** (BCE Rovartani Tanszék), akitől a szexferomon csapda hazai kísérletbe vonása ered. **Dr. Győrfi Júlia** (BCE Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék), aki lehetővé tette laboratóriumában a nevelési kísérletek elvégzését.

Külön köszönöm **Dr. Glits Márton** tanár úrnak a rendelkezésemre bocsátott fordításokat.

Vannak látszólag névtelenek, régi és új PhD hallgatók (**Hári Katalin, Hajdú Zsuzsanna, Tempfli Balázs, Dr. Szabó Árpád, Varga Erzsébet**), egyetemi hallgatók (**Fejes-Tóth Alexandra, Balogh Fanni**) és tanszéki munkatárs (**Schmidtka Zsuzsa**), akik a kétkezi munka során nyújtottak segítséget.

Mindenkinek nagyon köszönöm!

A dolgozat a TÁMOP 4.2.2/B-10/1-2010-0023 pályázat támogatásával készült.